



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

BIOMIMESIS ESPACIAL: Análisis de la planta Totorá y su
vinculación con la arquitectura.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje,
Urbanismo y Diseño

AUTOR/A: Rivera Moncada, Sandra Cristina

Tutor/a: Blanca Giménez, Vicente

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROPUESTA DE TRABAJO

Curso Académico: 2023 - 2024

TITULO DEL TFM PROPUESTO:

BIOMIMESIS ESPACIAL, Análisis de la Totorá en la arquitectura

TITULO DEL TFM PROPUESTO (en inglés):

BIOMIMESIS SPACE, Analysis of the Totorá in the architecture

ALUMNO/A

Sandra Cristina Rivera Moncada

TUTOR ACADÉMICO:

Nombre y apellidos: Blanca Giménez, Vicente

Departamento: Construcciones Arquitectónicas

FECHA PREVISTA DE PRESENTACIÓN: 12/2023

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Resumen

El punto de partida es el análisis sobre los procesos constructivos arquitectónicos inspirados en la naturaleza. El actual modelo de diseño está basado en el consumo excesivo y uso ineficiente de los recursos, problemática que se replica en construcciones arquitectónicas del mundo., ello es consecuencia de la falta de investigación en materiales renovables de las zonas geográficas propias de cada ciudad, lo que genera efectos negativos y el uso descontrolado de recursos no renovables, lo cual es insostenible. Esta problemática hace necesario establecer estrategias, normas y políticas con estándares medioambientales, sociales y de desarrollo económico, por lo que es primordial cambiar el modelo actual por uno sostenible, mejorando la realidad ambiental actual y de las futuras generaciones.

Se propone como herramienta de apoyo para solventar los problemas encontrados en el punto de partida, una metodología fundamentada en la investigación inductiva, deductiva, analítica y sistemática, cuyo objetivo es ofrecer las pautas para la intervención de remodelaciones de construcciones consolidadas, con el fin de lograr diseños arquitectónicos sostenibles y equitativos, enmarcados en el proceso de análisis referente al biomimetismo.

El enfoque del trabajo descriptivo y experimental se realiza buscando ejemplos y referentes del ámbito de la arquitectura que se inspira en principios y mecanismos de la naturaleza, para realizar una mejor descripción de la metodología, con la intención que pueda ser replicado a nivel local, regional e internacional.

Como paso inicial del análisis se partirá con el estudio natural y específico por medio de la construcción de modelos físicos y virtuales a pequeña escala, por lo cual se ha limitado el campo de estudio en el uso de la totora como referente de la naturaleza

Posteriormente se determina los indicadores del material en los últimos 20 años, que nos muestren los puntos de partidas en diferentes aplicaciones e interpretaciones.

Finalmente se investiga la metodología del análisis de biomímesis, con la totora como material y su uso, para utilizarlo como una alternativa en diseños sustentables de nuevas construcciones y remodelaciones, que sirvan como mecanismo para lograr la simbiosis entre diseño, ambiente y ciudadanos, buscando una arquitectura sostenible.

Palabras claves: Biomimética, Totora, Naturaleza, Ciudad Sustentable, Arquitectura, Diseño de Interiores.

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Resumen (en inglés)

The starting point is the analysis of architectural construction processes inspired by nature. The current design model is based on excessive consumption and inefficient use of resources, a problem that is replicated in architectural constructions around the world. This is a consequence of the lack of research on renewable materials in the geographical areas of each city, which generates negative effects and the uncontrolled use of non-renewable resources, which is unsustainable. This problem makes it necessary to establish strategies, norms and policies with environmental, social and economic development standards, so it is essential to change the current model for a sustainable one, improving the current environmental reality and that of future generations.

It is proposed as a support tool for the solution of the problems found at the starting point, a methodology based on inductive, deductive, analytical and systematic research, whose objective is to offer guidelines for the intervention of remodeling of consolidated constructions, in order to achieve sustainability and equitable architectural designs, framed in the analysis process around biomimicry.

The focus of the descriptive and experimental work is done by looking for examples and references from the field of architecture that is inspired by principles and mechanisms of nature, to make a better description of the methodology, with the intention that it can be replicated at a higher level. broad. local, regional level. and international.

As an initial step of the analysis, the natural and specific study will begin through the construction of physical and virtual models on a small scale, for which the field of study in the use of sugarcane as a reference of nature has been established. limited.

Subsequently, the indicators of the material in the last 20 years are determined, which show us the starting points in different applications and interpretations.

Finally, the methodology of the analysis of biomimicry with cane as its material and its use to use it as an alternative in sustainable designs of new constructions and remodeling, which serve as a mechanism to achieve symbiosis between design, environment and citizenship, is investigated. In search of a sustainable architecture.

Key words: Biomimicry, Totoro, Nature, Sustainable City, Architecture, Interior Design.

MASTER

Arquitectura avanzada

Paísaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Descripción del trabajo

La descripción de este trabajo de fin de máster se enfocará en desarrollar y profundizar en el concepto y la evolución del término biomimética, y cómo éste se relaciona con la arquitectura.

Para esto necesitamos enfocarnos en diferentes puntos para su estudio:

- Estudiar la evolución del concepto de biomímesis hasta la actualidad.
- Se propone una metodología analítica sobre materiales biodegradables, inspirados en la naturaleza.
- Estudiar diferentes inventos, prototipos, prótesis o artefactos en el campo de la biomimética.
- Estudiar las diferentes formas que encontramos en la naturaleza, para poder entender algunas de las leyes que las rigen y cómo se podrían trasladar al ámbito de la arquitectura.
- Estudiar las diferentes teorías y autores filósofos, biólogos, físicos, etc. para comprender la evolución de la mimesis y las primeras aproximaciones entre naturaleza y arquitectura, entendidas desde el ámbito de la biomimética.
- El estudio de las diferentes obras actuales de arquitectura biomimética según las diferentes aproximaciones que existen en este campo.
- Se buscará realizar una simbiosis de la totora como material sustentable en la arquitectura basado en la naturaleza, desde niveles formales hasta la búsqueda de la aplicación de principios y mecanismos naturales.
- Se dará una respuesta a la materialidad del estudio de la totora en la arquitectura y su respuesta a la Biomimesis con la naturaleza.

Metodología

El trabajo se plantea desarrollar en las siguientes fases:

Fase 1. Planteamiento inicial del problema:

- Determinación del problema y el alcance del estudio
- Planteamiento de hipótesis
- Determinar el objeto de estudio y los criterios para su selección

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Fase 2. Recopilación bibliográfica:

- Recopilación de información en relación con la temática del trabajo, a través de bibliografía, normativa específica mundial, nacional y municipal y certificaciones internacionales.
- Búsqueda exhaustiva de fuentes de consulta, virtuales y físicas (bibliotecas)

Fase 3. Trabajo de campo:

- Obtención de datos, de la totora como material natural principalmente de entidades administrativas oficiales, y de ciudadanos del sector
- Investigación sobre la totora como estructura, función y morfología, mediante un análisis de sus patologías.
- Elaboración y generación de documentación con indicadores de sustentabilidad

Fase 4. Trabajo de despacho:

- Disgregación de construcciones con desperdicio de materiales y los problemas insostenibles.
- Evaluación de construcciones y la aplicación de indicadores según los impactos potenciales en los que se puede incidir para construcciones sostenibles con la totora.
- Elaboración de matrices para cierre de brechas y planteamiento de planes de acción para los puntos críticos y soluciones a los mismos
- Análisis de los resultados, elaboración de conclusiones y recomendaciones

Objetivos:

Objetivos generales

El objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar una metodología basada biomímesis que permita la vinculación de estrategias en los nuevos modelos de edificación y diseño interior, aprovechando al máximo los recursos naturales, donde se puedan unificar, formando un ciclo biológico, que llegue a ser parte de las normas de construcción y rehabilitación de las edificaciones, planteamientos y diseño interior.

Objetivos específicos

- Arquitecturas inspiradas en la naturaleza
- Ejemplos en la naturaleza
- La totora como material sostenible
- Analizar estrategias de uso sostenible de la totora en la construcción natural.
- Resumir la metodología desarrollada para que pueda ser replicada.

Esquema / Índice preliminar:

1. Introducción	6
2. Herramientas y criterios de Biomimesis con la naturaleza	8
2.1 Criterios de la Biomimesis en la arquitectura	8
2.2 Ejemplos de Biomimetismo en la arquitectura	10
2.3 El material	13
3. La Naturaleza y el diseño en el tiempo	16
3.1 Percepción en el tiempo	16
3.2 Evolución	19
3.3 Morfología	20
3.4 Estructura	21
4. La totora	22
4.1 Ubicación	23
4.2 Taxonomía	24
4.3 Morfología	24
5. Características de la Totora	28
5.1 Propiedades Físicas	30
5.2 Propiedades mecánicas	31
5.3 Composición Química	31
5.4 Composición mineral.....	32
5.5 Composición bioquímica	32
6. Estructura de la totora	32
6.1 Uso de la Totora	38
7. Soluciones constructivas con Totora.....	46
7.1 Paneles de totora	46
7.1.1 Paneles para cubiertas	46
7.1.2 Paneles para exteriores	47
7.1.3 Paneles para interiores	49
7.1.4 Paneles tipo bloques	51
7.1.5 Paneles tipo textura móvil	51
7.2 Muro de adobe con aislamiento de totora	52
7.3 Tablero con fibra de totora.....	53
7.4 Tablero prefabricado con aislamiento térmico de totora	55
8. Construcciones contemporánea con Totora	56
8.1 Cubo de totora	56
8.2 Typhahouse	58
8.3 Urku Wasi	59
8.4 Pared de totora para 90 años	60
8.5 Casa de las tejas voladoras	61
8.6 Oficinas de desarrollo de Loire- Atlántico	62
9. Cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible	64
10. Conclusiones	65
11. Bibliografía	66

1. INTRODUCCION

El presente trabajo propone realizar una investigación sobre los procesos arquitectónicos inspirados en la naturaleza con el fin de encontrar nuevos sistemas de materiales propios de la naturaleza y zonas geográficas para su utilización y a la vez que sean sostenibles, siendo su principal objetivo generar una base teórica y científica, referente a modelos naturales, que permitan desarrollar experimentos prácticos por medio de modelos físicos para la arquitectura.

La Naturaleza por si misma es muy sabia, al saber como adaptarse a los constantes cambios físicos ambientales y a la humanidad, por lo que su propia interpretación para resolver problemas humanos toma en su actualidad el termino de Biomimetismo (Bio-Vida y mimesis-imitar)¹; partiendo de este concepto y el diseño en la arquitectura existe una reflexión del libro de Autonomía y diseño². *¿Puede el diseño desprenderse de su arraigo en las practicas modernistas de insostenibilidad y desfuturización y reorientarse hacia otros compromisos, practicas, narrativas y encacciones ontológicas?* (Escobar, 2016, p39).

En el artículo 25 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos de la ONU, La vivienda es un derecho universal. Es importante aclarar este punto a la introducción de la Biomimesis con el derecho a la vivienda y la ciudad como un derecho y no como una mercancía política de cada país sacrificando mas los recursos naturales para emplear este derecho.

Los orígenes formales del tema de Biomimesis empiezan en el siglo XX y XXI, luego de la segunda Guerra mundial, que se lo conoce con el periodo de la Gran transformación y las secuelas y efectos que esto genero de la interacción metabólica entre el ser humano y el ecosistema como lo señala Toledo en el concepto de “metabolismo social” (2013:47) poniendo en peligro nuestra supervivencia, generando estos temas de análisis y estudios del mundo natural para resolver los problemas de la esfera humana y su campo de aplicación en todos los ámbitos entre ellos la arquitectura y todos los protocolos que exige la ONU como normas para que sean cumplidos.

Este trabajo se orienta a la aplicación de una metodología que investiga el proceso de análisis referente al biomimetismo con la arquitectura natural, con el fin de evitar tener más perdidas de materia natural por el normal proceso de descontextualización que esto conlleva para su uso y aplicación en la arquitectura contemporánea.

Este método de estudio a su vez esta adaptado a sus conceptos bases que sustenten sus principios fundamentales y claves para la economía, la optimización de material, energía, el tiempo en que puede permanecer y la integración conjunta y respetuosa del medioambiente.

¹ Biomimetismo: innovación inspirada en la naturaleza, Dr. José Luis Olivares Romero*

² Arturo Escobar (2016), Autonomía y diseño. La realización de lo comunal, Popayán, Universidad del Cauca, 280 páginas.
Olver Quijano Valencia

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Para este estudio he decidido adoptar un ejemplo físico a pequeña escala que está empezando a moldear la arquitectura natural sin perjudicar el medio ambiente como es la planta de totora un referente de la naturaleza en Otavalo - Ecuador.

La planta de totora está ubicada en América del Sur, siendo muy común en esteros y pantanos, es una planta herbácea perenne acuática de la familia ciperáceas, su tallo es de textura lisa, recta y circular en la sección transversal, los indígenas las utilizan para fabricar objetos ornamentales, construcción, mobiliario, decoraciones entre otras. (Hidalgo 2007)

En la zona de estudio Ecuador existen acercamientos a esta planta y su vinculación con la arquitectura y la construcción, realizando ya estudios, análisis, potencialidades y características, poniendo en marcha una alternativa de su uso y alternativa como un material innovador y contemporáneo (Hidalgo 2007). Actualmente se utiliza el material como principal fabricación de muebles y alfombras

Hidalgo nos presenta sus conclusiones de los paneles solidos que tiene propiedades termo acústicas por su estructura interna que posee gran cantidad de aire, sin embargo es un material combustible que debe tener un recubrimiento para protegerse y ser utilizado de la mejor manera (Hidalgo 2007)

Este material ya está siendo estudiado a profundidad por las grandes investigaciones y potencialidades que presenta la planta y en esta parte el arquitecto Oscar Jara ya tiene varios prototipos de paneles para paredes, techos, etc., desarrollando varias pruebas mecánicas en distintas condiciones para su uso (Jara2020)

Esta investigación de TFM nos apunta a liberar la forma, la función y se caracteriza por la voluntad de descubrir, experimentar como lo hizo Frei Otto, y a su vez sentar bases sólidas y firmes a futuro de como emplear materiales que se encuentren en el entorno, sean biodegradables, reutilizables y generen una menor incidencia ambiental.

2. CRITERIOS Y HERRAMIENTAS DE LA ARQUITECTURA CON LA NATURALEZA

En este primer capítulo de estudio vamos a definir los criterios y herramientas que ha tomado la arquitectura de la naturaleza entendido a través de su relación con el entorno.

La necesidad actual de respetar el medio ambiente hace que los sistemas humanos reinserten sistemas naturales más amigables con el medio, tomando a la naturaleza como fuente de inspiración. La Biomimesis consiste en la observación de los seres vivos, que llevan más de 500 millones de años evolucionando en equilibrio con su medio natural sin comprometer la continuidad general del sistema (J. I. Llorens, 2008).

2.1 Criterios de la Biomimesis en la arquitectura

La Biomimesis definido por Janine M. Benyus [1, p. 13] (2012)³ “Una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza para imitar o inspirarse en los diseños y procesos biológicos para resolver problemas humanos.

La arquitectura natural ha dado sus primeros pasos con Frank Lloyd Wright, cuestionó fuertemente a la arquitectura racionalista dando como resultado la arquitectura orgánica, donde se determinan tres principios básicos: la función debe tomar en cuenta todos los aspectos de espacio habitable considerando los sistemas naturales y el bajo consumo energético, la construcción que deben ser de materiales naturales y reciclados y la forma que debe estar con la armonía de su entorno.

Después de la arquitectura orgánica aparecieron otros estilos arquitectónicos donde se genera una conciencia de cambio climático y poniendo medidas destinadas a lograr soluciones por lo que en este siglo surge la arquitectura sustentable. En el artículo “El camino hacia una arquitectura sustentable” se expone que “Existen ciertos principios que guían una obra arquitectónica hacia la sustentabilidad: [...], la maximización del ahorro de energía, el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, la reducción del consumo de agua, el alargamiento de la vida útil del edificio, el aprovechamiento de los materiales locales...”⁴.

³ Bij. M. Benyus, BIOMÍMESIS: Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza, México: Tusquets Editores, 2012, pp. 13-22.[2]

⁴ 30 St Mary S. Gurría Hamdan, «El camino hacia una arquitectura sustentable, » 25 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.revistamira.com.mx/2017/05/25/el-camino-hacia-una-arquitectura-sustentable-sophia-gurria-hamdan/>. [Último acceso: 07 Julio 2017].

Ambos estilos buscan una armonía con la naturaleza por eso es importante conocer sus criterios, las cuales Benyus [1, p. 22] menciona de la siguiente forma:

- Emplear como fuente de energía la energía solar.
- Consumir únicamente la energía que se necesita.
- Ajustar la forma a la función.
- Reciclarlo todo como los ciclos de materia.
- Premiar la cooperación entre individuos.
- Contar con la diversidad de culturas y especies.
- Demandar tecnología local.
- Frenar los excesos desde dentro del sistema.
- Sacar partido de las limitaciones.

La idea principal de los conceptos mencionados anteriormente nos sumerge a un objetivo principal mirar a la naturaleza como modelo para generar arquitectura sostenible, ya que toda la naturaleza nos enseña cómo resolver problemas arquitectónicos más complejos.

Como reflexión a la relación del futuro en la arquitectura estos grandes restos nos llegan con los avances de nuevas técnicas de fabricación, el avance tecnológico en el cálculo, la imagen las mismas herramientas de simulación y construcción que facilitan la solución de afrontar los retos de la arquitectura con el conocimiento del campo de la Biomimesis.

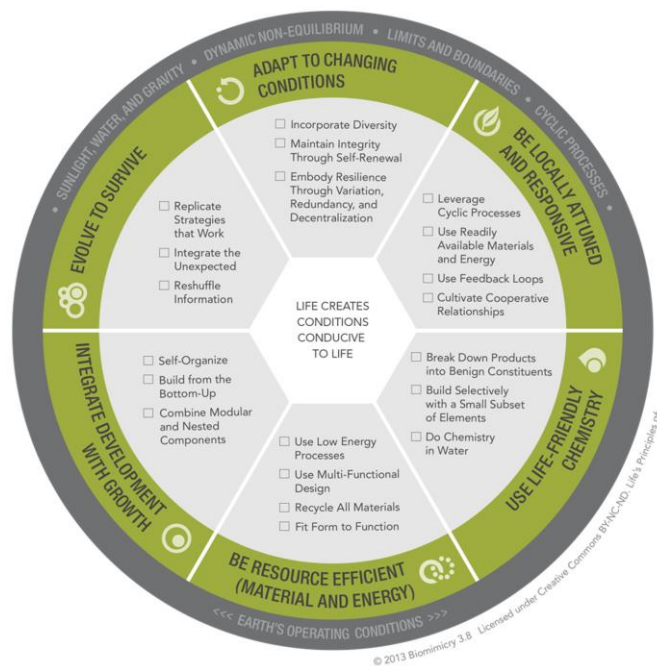


Figura 1. Six main biomimicry Life's Principles and their sub-principles. ©2015 Biomimicry 3.8. CC BY-NC-ND. Permission granted by Biomimicry 3.8 under Creative Commons Fuente: https://www.researchgate.net/figure/a-Six-main-biomimicry-lifes-principles-and-their-subprinciples-C2015-Biomimicry-38_fig1_358375343

Niveles Biológicos materiales de Biomimetismo

En este capítulo se aborda los niveles según una clasificación del estudio biomimético a través de la aproximación de la naturaleza en diferentes campos buscando una relación con el campo del diseño arquitectónico y su construcción.

- a) **Primer nivel.** La abstracción formal con la naturaleza donde mimetizamos las formas o mecanismos de la naturaleza, en este nivel tenemos la aplicación de las texturas.

“La abstracción formal. Permite conocer la materia móvil y sensible que forma a los objetos abstractos y captarlos en una forma amplia. En este nivel la inteligencia comprende la esencia del objeto, su materia”⁵

- b) **Segundo Nivel.** Análisis del funcionamiento de los seres vivos. Algunos ejemplos de su aplicación es la aplicación de las estructuras, mecanismos, tránsito de fluidos, conservación de calor, etc.⁶

- c) **Tercer Nivel.** Este nivel es más específico ya que analiza aquello que conforma el ser vivo a nivel celular con el fin de inventar nuevos materiales y avances tecnológicos relevantes.⁷

2.2 Ejemplos de Biomimetismo en la arquitectura

En base a la teoría de la Biomimesis en la arquitectura estudiando desde un enfoque más histórico, en esta capítulo abordaremos una visión más práctica de la Biomimesis en obras contemporáneas arquitectónicas, que desarrollan soluciones con técnicas, procesos y herramientas basando esta teoría en 3 conceptos que de maneras abstractas y paradigmáticas se resuelven en ciertas construcciones.

- a) La naturaleza como modelo, abstracción formal
- b) La naturaleza en su comportamiento
- c) La naturaleza como mentor, ecosistema

Para el análisis de estos conceptos existen modelos que se han construido en la arquitectura contemporánea.

⁵ GARDEY, Ana y PÉREZ P., Julián. Definición de abstracción. [En línea]. 2012. [Consulta: 11 Jun. 2019]. Disponible en: <https://definicion.de/abstraccion/>

⁶ AAVV. Biomimetismo. En: Alma Terra Magna. [En línea].2018. [Consulta: 10 Jun. 2019]. Disponible en: <http://almaterramagna.org/biomimetismo>

⁷ BAUTISTA NAVIO, Nuria. Biomímesis. En: Parameterizing.wordpress [En línea]. 2016. [Consulta: 10 Jun. 2019]. Disponible en: <https://parameterizing>.

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

En el primer nivel donde la naturaleza se posesiona como modelo, se pretende usar la forma propia de un organismo natural y estructurarlo, en esta categoría encontramos, torre 30 St. Mary Axe, en Londres de Norman Foster donde su piel hexagonal se inspira en la porífera Venus, el arquitecto imita la forma estructural de la esponja, para trasladar lo que ella hace en el agua y su forma redondeada, consiguiendo tener una desviación del viento y a su vez se obtiene una sistema de ventilación natural y lograra climatizar el edificio y reducir la energía.

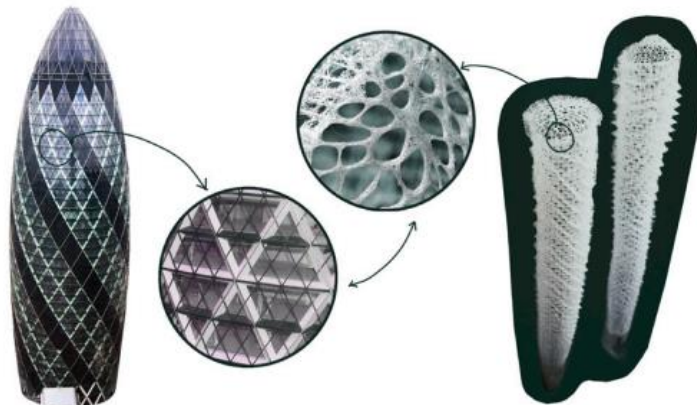


Figura 2. Collage de imágenes de la Torre Swiss y la esponja canasta de Flores de Venus, para mostrar las similitudes que existen entre ellas. Fuente: Andrea López – Maroto González – Pueblas, Arquitectura Biomimética y Biomímesis pag.73

En el segundo nivel tomamos como ejemplo el Centro Eastgate en Harare, de Mick Pearce y el grupo de ingenieros de Arup Associates. En este caso el estudio del comportamiento energético del edificio fue clave para su concepción. El equipo pretendía minimizar el costo de consumo y a su vez regular la temperatura interior del proyecto arquitectónico, es aquí donde entraría en juego el comportamiento de autorregulación termal de las termitas africanas. Este edificio no tiene aires acondicionados ni calefacción, pero regula la temperatura con un sistema pasivo n base al recorrido y cambios de temperatura en los espacios habitables generando una estancia confortable tanto de día como de noche. La temperatura exterior se abre paso por los orificios del termitero ubicados en la parte lateral de este, generando un recorrido por toda su extensión el cual hará que la temperatura del aire cambie para luego elevarse y ser expulsados por la parte superior.



Figura 3. Complejo comercial y de oficinas Eastate Center, Harare, Zimbabue. [imagen digital]. Fuente: <https://www.livinspaces.net/ls-tv/watch-how-the-eastgate-center-in-zimbabwe-cools-itself-without-air-conditioning/>

MASTER

Arquitectura avanzada
Paisaje
Urbanismo
Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

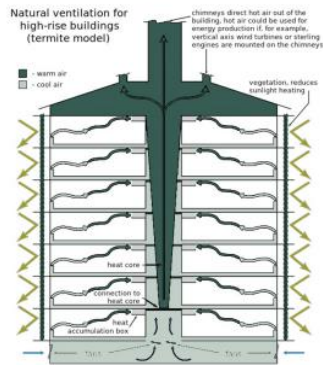


Figura 4. Esquema de la ventilación natural del edificio.
Fuente: https://www.wikiwand.com/en/Eastgate_Centre,_Harare.

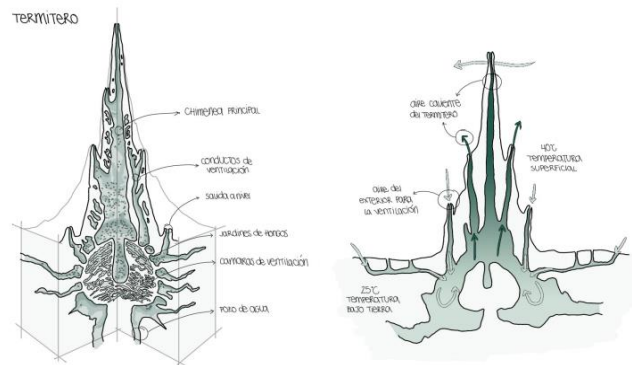


Figura 5. Partes y refrigeración de un termitero.
Fuente: Andrea López Maroto González-Pueblas, Arquitectura biomimética y Biomimesis pag 77.

En el tercer nivel de la naturaleza como mentor nos enfocamos en un proyecto urbano donde se pueden ver todas las directrices de la forma única natural hacia un proyecto completo urbano arquitectónico y tomamos como referencia el proyecto de Sahara Forest Project del estudio Exploration Architecture, este proyecto que tiene por objetivo suministrarse exclusivamente de energía solar con un sistema de cero residuos, imitando al escarabajo de niebla de Namibia el proyecto se centra en la imitación de actuar del escarabajo que durante el día absorbe e irradia calor, mientras que en la noche se enfría produciendo gotas para luego beber por la condensación, estos principios se aplican en el proyecto a un nivel más macro y en el estudio tras descubrir partes del Sahara anteriormente pobladas por bosques, decidió intervenir en el límite del desierto con zonas boscosas para revertir la desertificación implementando invernaderos con procesos de reutilización de agua y energía.

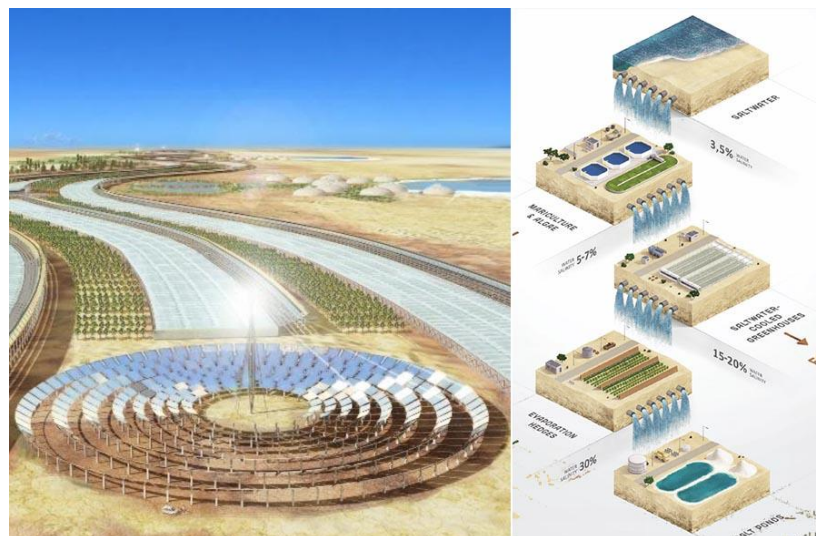


Figura 6. Sahara Forest Project Foundation Fuente: www.biomimeticsciences.org/ / www.keskustelu.kauppalehti.fi

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Para resumir estos niveles que se han demostrado es importante mencionar con las palabras de Janine Benyus su definición y conclusión.

*“El primer nivel de la Biomímesis es la imitación de la forma, pero muchas veces no basta. El nivel más profundo es replicar el proceso natural, aunque existe aún tercer nivel, y es recrear el funcionamiento de un ecosistema. Porque no se trata sólo de innovar por innovar, sino de restaurar el mismo tiempo el equilibrio perdido”.*⁸

2.3 El material

En la actualidad existe un amplio desarrollo en la industria de los materiales en la aplicación de Biomimesis con la arquitectura. El campo de aplicación corresponde a una optimización de características del material y sus propiedades mecánicas marcadas con una relación ambiental (biodegradables, reciclados). Como la espuma cerámica

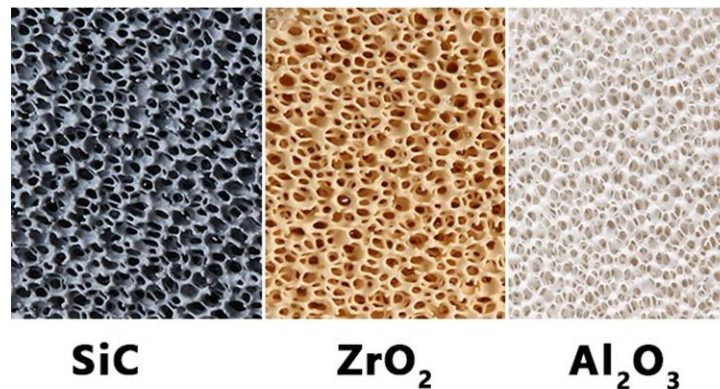


Figura 7. Espuma cerámica

Fuente: (<http://es.sffoundrymaterial.com/info/what-are-foam-ceramics-used-for-75337651.html>)

Otro campo de aplicación concierne la reproducción del diseño (o mecanismo) por medio de la reproducción de patrones naturales, la hoja de loto está cubierta con diversas ceras integradas por una mezcla de compuestos hidrocarburos, que la dotan de una fuerte repulsión al mojado. Ello permite que las gotitas de agua se asienten en la punta de las nanoestructuras, mientras que las burbujas de aire se disponen en los valles. Por ello, estas hojas gozan de una considerable repulsión al mojado, por la que las gotas de agua arrastran las partículas contaminantes, consiguiendo así un efecto de autolimpieza.⁹

⁸ BiJ. M. Benyus, BIOMÍMESIS: Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza, México: Tusquets Editores, 2012

⁹ <http://creatividadeinnovacion.blogspot.com/2012/09/biomimetica-la-hoja-de-la-flor-de-loto.html>

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Figura 8. Hoja de loto

Fuente: (<http://creatividadeinnovacion.blogspot.com/2012/09/biomimetica-la-hoja-de-la-flor-de-loto.html>)

Existen a su vez materiales adaptivos, materiales inteligentes, activos o multifuncionales que, como los organismos vivos, son capaces de modificar de forma reversible y controlable alguna de sus propiedades cuando sobre ellos actúan estímulos físicos o químicos externos.

- a) Los materiales con memoria de forma de aleaciones metálicas imitan la reacción en la naturaleza en el músculo que se contrae al recibir un impulso eléctrico desde el cerebro o en la planta que cuanto se toca se cierra.

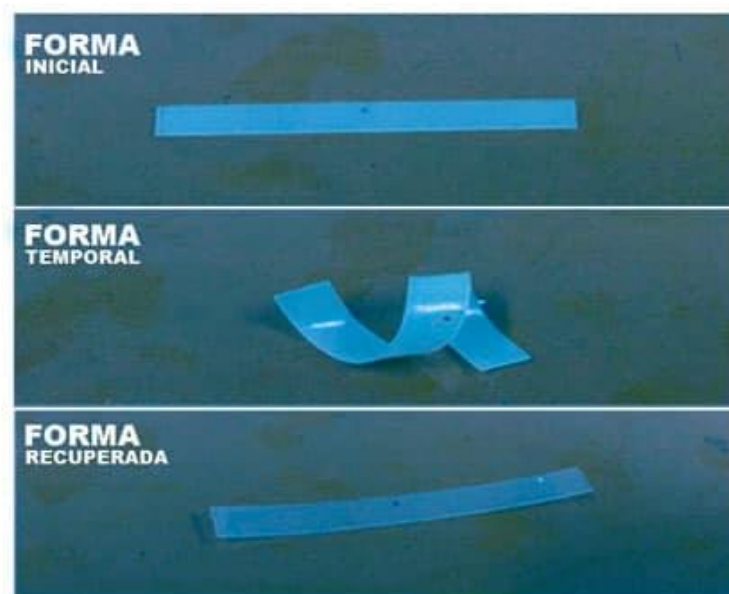


Figura 9. Materiales con memoria de forma plástica

Fuente: <https://www.atriainnovation.com/que-son-los-materiales-con-memoria-de-forma/>

- b) Los materiales electro y magneto activos, como los piezoeléctricos que actúan o reaccionan antes cambios eléctricos o magnéticos y son ampliamente utilizados en el desarrollo de sensores y actuadores.¹⁰



Figura 10. Medición precisa de carga y fuerza en actuadores hidráulicos y eléctricos inteligentes
 Fuente: <https://www.hbm.com/es/6810/guia-de-seleccion-de-sensores-piezoelctricos/>

- c) Los materiales fotoactivos en los cuales se producen cambios por la acción de la luz o que por otro lado son capaces de emitir luz por la acción de fenómenos externos, como por ejemplo los electroluminiscentes, fosforescentes o fluorescentes.

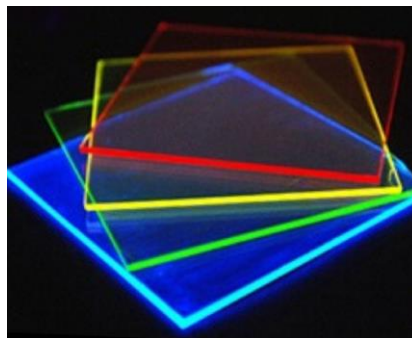


Figura 11. Fluorescente Panel acrílico transparente de plástico acrílico de 2mm a 10mm hoja de vidrio
 Fuente: <https://www.idonial.com/es/conocimientos-clave/productos-inteligentes-y-materiales-activos>

- d) Los materiales cromoactivos son aquellos en los cuales se producen cambios de color como en los fotocromáticos, los termocromáticos o los electrocromáticos, dependiendo del tipo de fenómeno externo que actúa sobre ellos



Figura 12. Radiografía de la mano Fuente: <https://blogdequimicaunal.blogspot.com/2014/10/materiales-cromoactivos.html>

¹⁰ <https://materialesinteligentes.win/materiales-inteligentes-ejemplos/>

3. LA NATURALEZA Y EL DISEÑO EN EL TIEMPO

Los organismos vivientes naturales a través del tiempo se han ido adaptando, evolucionando para su supervivencia lo que es una fuente de estudio e investigación para las nuevas tecnologías que se están creando, ofreciendo un abanico de soluciones en la arquitectura y su diseño.

Para esto vamos a recopilar el inicio del estudio de la naturaleza en la arquitectura en la historia con sus inicios en la humanidad.

3.1 Percepción en el tiempo

- a) En el año **300 a.C.**, **Euclides** define el numero áureo, con ello crea una relación que existe en la naturaleza con la dimensión y la proporción, encontrando diversos aspectos de la naturaleza, como la distribución de los pétalos de las flores, relación entra las hojas y las espirales de los caracoles ¹¹

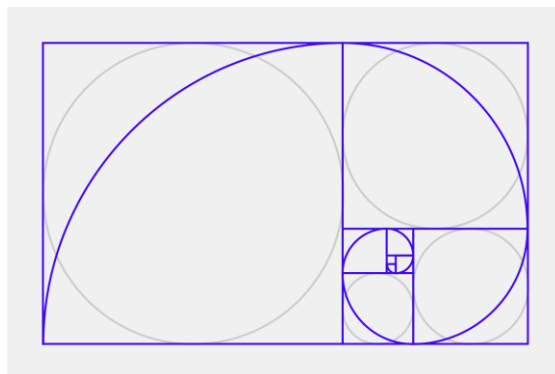


Figura 13. Proporción Aurea, Fuente: <https://imborrable.com/blog/proporcion-aurea/>

- b) En el **Renacimiento** con la llegada de la revolución científica se produce una revolución en la forma de mirar la naturaleza y el dibujo es la manera de expresar la ciencia, la anatomía, botánica; el más destacado en el arte de la ciencia es **Leonardo Da Vinci** demostrando en sus dibujos y el más conocidos el Hombre Vitruvio (1490), mediante el que trata de dibujar las proporciones humanas a través del tratado de Vitruvio.

En uno de sus trabajos “Códex sobre el vuelo de los pájaros” (1505) es un acercamiento directo con termino de biomimética, observando el vuelo del pájaro y la anatomía de las aves para tratara de imitar reproducir mecánicamente el movimiento con el fin de la construcción de un artefacto que le permita volar sin obtener el resultado planeado, pero ya introduciéndose a la Biomimesis con la naturaleza.

¹¹ El Número Áureo en la Naturaleza y en las Artes Javier Luque Ordóñez

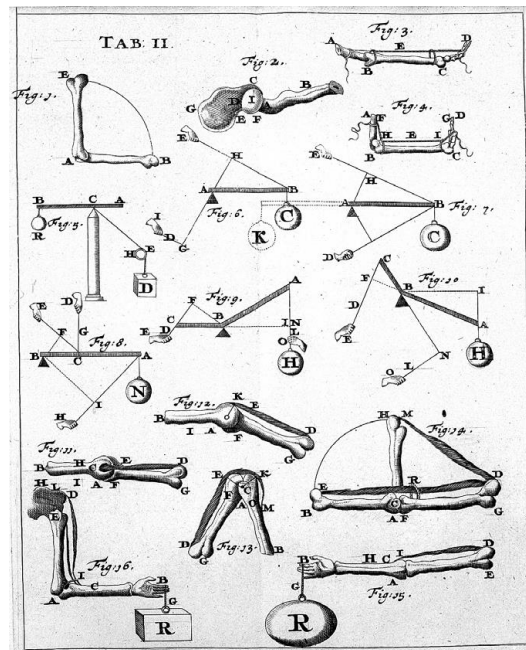


Figura 14. Página de una de las primeras obras de biomecánica (De Motu Animalium de Giovanni Alfonso Borelli), 1680.
 Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giovanni_Alfonso_Borelli%27s_De_motu_animalium_Wellcome_L0022126.jpg

- c) En principio de la **Edad Moderna**, con la Ilstracion y la Revolucion cinetifica, existe una desvinculacion entre la iglesia y naturaleza, eclosionando una vision cientifica abriendo la mentalidad a nuevos campos y sentando las bases en la ciencia moderna.
- d) A principios del **siglo XIX** con la revolucion industrial, gracias a nuevos descubrimientos y teorias revolucionarias, como la evolucion de las especies de Charles Darwin (1859) proporciono nuevos inventos y conocimientos que se podrian aproximar al concepto del biomimesis como disciplina dentro de las artes y cineticas, ya que impulso mucho de sus inventos inspirandose en el estudio vegetal.
 En el campo de la arquitectura naval hay ejemplos como el de Sir George Cayley, quien en 1809 estudió la forma aerodinámica de los delfines y la trucha con el fin de desarrollar cascos de buques con menores coeficientes de fricción.
- e) **Ernst Haeckel**, con su libro de litografías “Kunstformen der Natur” (1899), hizo una recolección de las ilustraciones de organismos que había ido registrando y catalogando a lo largo de sus años de estudio. Muchos de estos organismos, habían sido descritos por primera vez en esta gran obra científica, que fue ampliándose a medida que iban sacando nuevas ediciones de ella. El orden en el que están situadas las diferentes ilustraciones no es casual, ya que con ellas pretendía afianzar las teorías Darwinianas: es por esto que observamos en sus láminas los distintos organismos ordenados en grupos que se relacionan evolutivamente entre sí.

Este libro influyó en el mundo de la arquitectura y el diseño a principios del siglo XX, ya que era uno de los nexos referentes entre ciencia y arte.

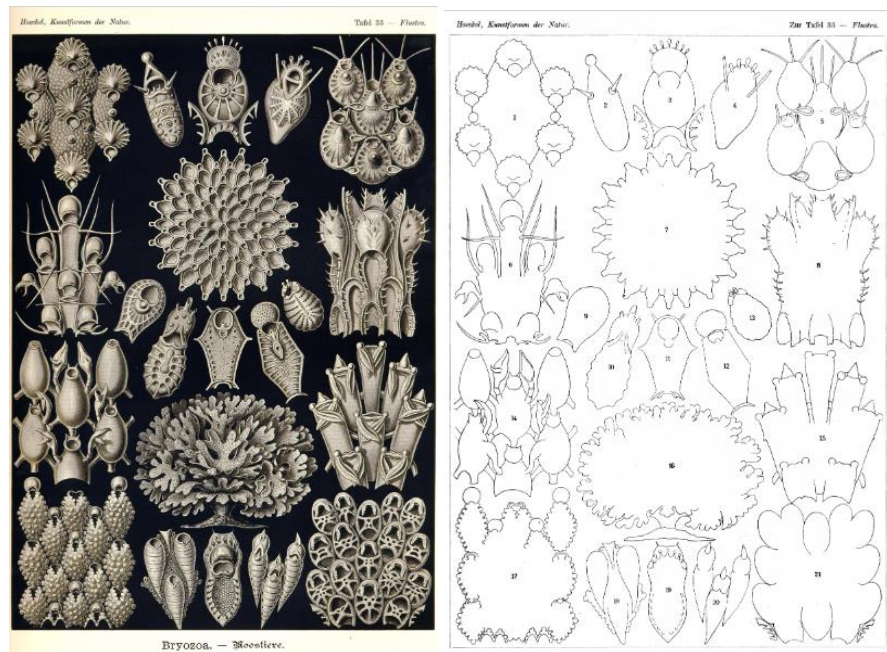


Figura 15 HAECKEL, Ernst. Pags. 211 y 236 del libro "Kunstformen der Natur"
Fuente: http://www.biolib.de/haeckel/kunstformen/Haeckel_Kunstformen.pdf

- f) El velcro fue uno de los primeros inventos biomimético que fue patentado en **1955**, la idea surgió por el ingeniero George de Mestral estaba intrigado de como diminutos ganchos del cardo alpino se adhería al pelo de su perro y al tejido de sus pantalones mientras paseaban por la montaña.
- g) En 1969 Otto Schmitt usos el termino biomimética, poniéndolo en moda junto con Janine Benyus inspirando a otros inventores y diseñadores a crear sus propios proyectos bajo la influencia de este término, como son la cinta adhesiva inspiradas en las patas de gecko, el tren inspirado en el pico del ave martín pescador, que logro solventar el problema del sonido cuando ingresaba en un túnel.

3.2 Evolución

Por una selección natural hacemos referencia a los mecanismos evolutivos que modifican las características para su supervivencia realizando cambios que mejoran la adaptación para su supervivencia del entorno, Esta repercute en el genotipo, que es el contenido específico de un individuo y se encuentra en su ADN, que a su vez es usado en el desarrollo y funcionamiento de los organismos vivos conocidos.

Por lo tanto, considerando los cambios evolutivos, existe una correlación entre la eficacia reproductiva de los portadores de un genotipo y la adaptación al medio que éste les otorga. Interpretando que las ventajas adaptativas son seleccionadas y se extienden en determinadas poblaciones. La selección natural pasa por consiguiente a diferentes niveles como la célula, el organismo, los grupos y las especies. Es un comportamiento adaptativo de desarrollo que se produce en largos periodos de tiempo y por eso se define como un proceso evolutivo.

La evolución natural ensaya pequeños cambios que quizás aportan ciertas ventajas y en términos más generales se puede considerar como un cambio continuo. Por lo cual lo que hoy observamos se puede considerar como un equilibrio puntual de un cierto organismo. Esto implica que, la mayoría de las veces, la selección natural sólo mantiene las formas perfectamente adecuadas a sus funciones. Una vez bien formado un organismo, es muy poco probable que alteraciones aleatorias lo mejoren (Steven Vogel, 2000).

Es importante estudiar el medio en el cual viven un organismo ya que este puede determinar los cambios evolutivos puntuales en largos periodos como la historia humana aunque son procesos continuos no siguen una línea recta, sin embargo los cambios que sufre un organismo son mutaciones aleatorias seguidas de una selección natural que actúa en defensa de adaptación del organismo según las condiciones ambientales, estas mutaciones pueden ser a favor en contra o neutral para el desarrollo de una función.

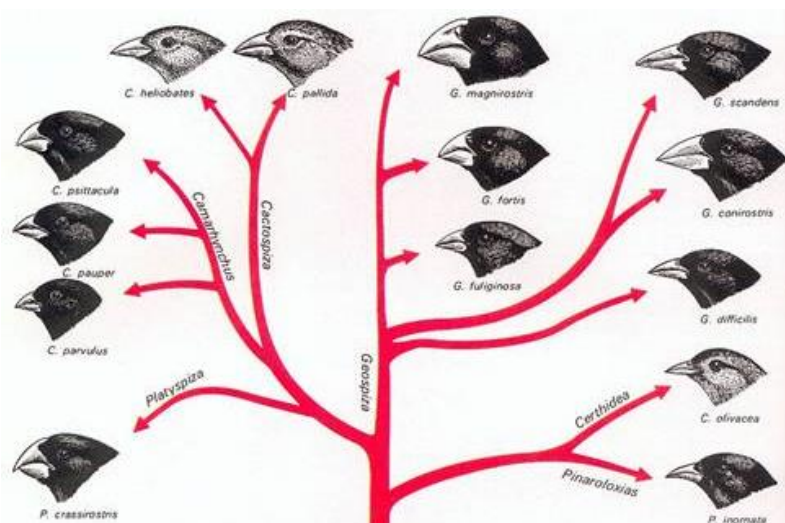


Figura 16. Diferentes especies de pinzones encontradas por Darwin en las Islas Galápagos.

Fuente: https://winner.fandom.com/es/wiki/Darwin_y_la_teor%C3%ADa_de_la_selecci%C3%B3n_natural

3.3 La Morfología

El proceso evolutivo interpreta un proceso de diseño en los seres vivos, sin embargo la influencia de los factores físicos depende en gran medida del tamaño dentro de una escala de magnitudes

Cada organismo hereda una determinada información genética, conteniendo mutaciones favorables, según su proceso de selección natural que hace que perdure en el tiempo.

En este contexto el proceso del diseño se enmarca en la variedad como el resultado de la mínima energía gastada en las condiciones del entorno como son la temperatura, humedad, velocidad del viento, presión atmosférica, haciendo que la naturaleza sigue el principio de conservación de los recursos.

“Análogamente el diseño de los sistemas naturales se interpreta también como el resultado de las fuerzas a las cuales un organismo o individuo este sujeto. Estas se representan por el factor que determina una forma dada y cualquier estructura esta determinada por la interacción de dos clases fundamentales de fuerzas:

- a) Las fuerzas intrínsecas que gobiernan los factores inherentes a cada partícula del sistema estructural o sea las propiedades internas de un sistema rigen sus posibles acuerdos y sus potenciales de rendimiento.
- b) Las fuerzas extrínsecas que representan las influencias externas sobre el individuo y en gran medida dependen del medio ambiente en el que se encuentra el organismo”.¹²

Todo lo que se conoce y existe es por un proceso de selección donde la naturaleza se adaptado bajo tres mundos, un mundo inherente, donde perdura gracias a su resistencia mediante un proceso de selección fundamental, un mundo vivo que prevalece por su capacidad de adaptación y evolución, gracias a la selección natural y un mundo cultural que pervive por selección cultural.



Figura 17. this leaf surfaces avoid breinding in veins way, veins may provide supports truses, (a) the whole leaf way be cambered lengtheire (b) or plears can wake a ridge and wattley self trassing system (c), Cats' paws and Catapults,

Fuente: Cats' Paws and Catapults: Mechanical Worlds of Nature and People, Steven Vogel, pag 48., año 1998

¹² (Peter Pearce “Structure in nature: is as strategy of design”, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1978)

MASTER

Arquitectura avanzada

Paísaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

3.4 Estructura en la naturaleza

“El estudio de la formación, estructura o función de sustancias y materiales producidos biológicamente (como enzimas o seda) y mecanismos y procesos biológicos (como síntesis de proteínas o fotosíntesis) especialmente con el fin de sintetizar productos similares mediante mecanismos artificiales que imitan los naturales”¹³

Existen dos tipos de estructuras en la Tierra, uno referente a las estructuras de la naturaleza, realizadas por la propia naturaleza y animales como son las colmenas, los nidos, copos de nieve, entre otros, que utilizan el uso de materiales asequibles al entorno propio con un ciclo de vida cerrada.

Las formas de la naturaleza no son casuales, ya que estas eligen sus formas geométricas buscando la mayor eficacia en su configuración, aplicando la ley del mínimo esfuerzo.

El otro tipo de estructuras son hechas por el hombre en el cual están los puentes las edificaciones, infraestructuras. En los dos casos se produce una modificación del hábitat para responder a necesidades determinadas.



Figura 18. Abejas aplican geometría para construcción de colmena.
Fuente: <https://viajeropeligro.com/2023/08/01/geometria-sagrada/>

¹³ Webster's Dictionary. Biomimética .En: Merriam-Webster Since 1828 [En línea] [Consulta: 26 Feb. 2019]. Disponible en: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/biomimetic?src=search-dict-hed>

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

4. LA TOTORA

“La “tatora” es una planta de raíz acuática que crece en lagos y humedales con presencia de suelo fangoso con una longitud promedio de 3.5m y diámetro de 2.5cm, su crecimiento es muy rápido y por lo tanto su capacidad de renovación, pudiendo volver a cosecharse cada seis meses. Tiene una estructura porosa al interior, formada por cámaras de aire como una esponja que la vuelve un material muy liviano y con propiedades aislantes. La especie más común conocida como “tatora” es la *Schoenoplectus* o *Scirpus Californicus*, pero en realidad existe una amplia gama de plantas de raíz acuática que tienen características muy similares y han sido incluso utilizadas de la misma manera”¹⁴

Las totoras son plantas fanerógamas, de hojas perennes, que tienen un ciclo anual decrecimiento y maduración, aunque dependiendo del clima y de las condiciones de los humedales pueden efectuarse dos o más cosechas o cortes al año.

Los humedales, según el concepto adoptado por la Convención Ramsar y aceptado para este estudio, son: “extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad, en marea baja, no exceda de seis metros.”¹⁵

Los humedales, esta planta se multiplica y despliega en extensos totorales, alcanzando una densidad de 300 y hasta 400 plantas por metro cuadrado.

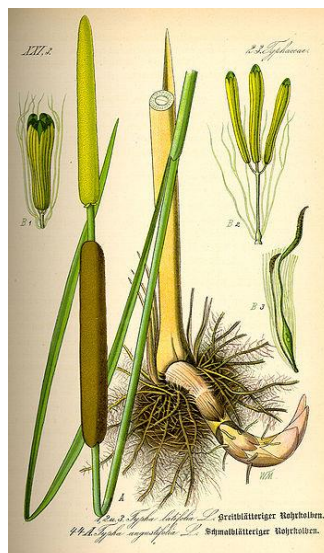


Figura 19. *Typha latifolia*

Fuente: Dr. Thomé's Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz in Wort und Bild. Gera-Untermhaus: Verlag von Fr. Eugen Köhler, [1886] / <https://www.biodiversitylibrary.org/item/194265#page/9/mode/1up>

¹⁴ J. Juma y L. Ormaza, Situación actual de la actividad artesanal de la totora, su producción y difusión en el sector san miguel de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2009.

¹⁵ Inventario de humedales del Ecuador, John D. And Catherine T. Macarthur foundation p. 1

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

4.1 Ubicación

El género *Schoenoplectus* tiene una distribución cosmopolita, en tanto que *S. californicus* en Ecuador está registrada en la Costa entre rangos altitudinales que varían entre 0 - 500 metros sobre el nivel del mar, y en la Sierra, se encuentra distribuida, de manera silvestre, especialmente en zonas que van desde los 1800 hasta los 3000 m.s.n.m. con precipitaciones que oscilan entre los 500 y 1000 mm, franja ecológica que corresponde a las formaciones vegetales del bosque seco Montano Bajo (bs - MB) y bosque húmedo Montano (bh - M). Las totoras son especies propias de los sistemas lacustres (área de lagos, humedales y pantanos). Esta especie se encuentra catalogada como nativa ¹⁶

Actualmente existe una base de datos de los cultivos de totora a nivel mundial, realizada por la Página web Naturalista; se pueden observar que existe una gran incidencia en América desde Estados Unidos hasta Chile; también encontramos la especie en España, Nigeria y Nueva Zelanda.

Este recurso electrónico ha sido de mucha ayuda ya que se puede visualizar el estado de conservación de la materia prima, clasificando según el tipo de especie que se cultiva, cantidad, fotografías, porcentaje de crecimiento mensual y anual, ubicación, distribución y número de investigadores.

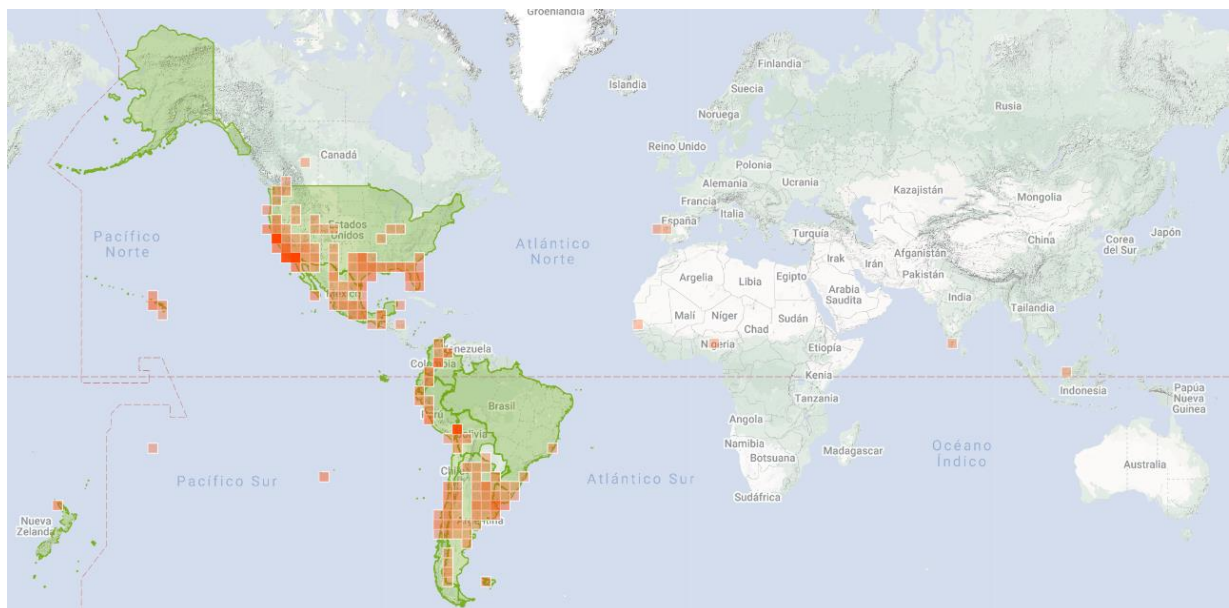


Figura 20. Localización de la totora

Fuente: Naturalista, 2023, <https://www.naturalista.mx/taxa/47159-Schoenoplectus-californicus>

¹⁶ Situación actual de la actividad artesanal de la totora, su producción y difusión en el sector san miguel de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Autor. J. Juma y L. Ormaza, Ibarra 2009.

MASTER

A rquitectura avanzada
P aisaje
U rbanismo
D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

4.2 Taxonomía

Plantas	Reino Plantae
Plantas Vasculares	Filo Tracheophyta
Plantas con Flores	Subfilo Angiospermae
Pastos, Palmeras Y Parientes (Monocotiledóneas)	Clase Liliopsida
Pastos, Juncos, Bromelias Y Afines	Orden Poales
Tules Y Zarcos de Laguna	Familia Cyperaceae
Subfamilia	Cyperoideae
Tribu	Fuireneae
Tules Y Juncos	Género Schoenoplectus
Junco Espadaña	Schoenoplectus californicus
Nombre Quechua	Tотора

Tabla 1. Clasificación Taxonómica. Fuente: Naturalista, 2023,
<https://www.naturalista.mx/taxa/47159-Schoenoplectus-californicus>

4.3 Morfología

a) Raíz.

“Las raíces de la totora por su origen son adventicias y se originan a partir de rizoma maduro y conformado, principalmente por raíces secundarias, las que forman penachos delgados. Dan anclaje a la planta en el substrato de fondo, su desarrollo es horizontal, y crece de manera paralela a la superficie del suelo /fondo-u diámetro varía en torno a 2mm. de grosor de acuerdo con la edad de la planta y al medio del suelo que la sustenta.

b) Rizoma.

En la totora, esta parte de la planta viene a ser un tallo modificado que se desarrolla inmediatamente después de la raíz y también de manera paralela al suelo. Su estructura interna está compuesta por un cilindro central con muchos haces libero-leñosos. Su corteza es de color blanco, con nudos a cada 2 a 6 cm., de donde brotan las yemas que posteriormente se convierten en tallos.



Figura 20. *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla
Common Club-Rush
Fuente: Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé
Flora von Deutschland, Österreich und
der Schweiz 1885, Gera, Germany

Los rizomas contienen gran cantidad de sustancias de reserva, las que permiten a las plantas de totora mantenerse durante los períodos de sequía (estado de latencia). Cuando vuelven los períodos de humedad, rebrotan inmediatamente las yemas. Los rizomas y las yemas se encuentran protegidas por unas hojas modificadas de color marrón claro amarillo, a manera de escamas (catáfilas).

- **Rizoma Maduro** Presenta una coloración café marrón brillante denominado comúnmente como “Saphi” o “sippi”, caracterizándose por poseer una capa lignificada y un cilindro central, en donde se encuentra muchos haces libero leñosos, dispuestos en círculos concéntricos con una corteza de color blanco, y cuando llega a envejecer toma una coloración marrón oscuro acumulando gran cantidad de sustancias de reserva.
- **Rizoma Joven o tierno** Presenta coloración blanca, llamado “Sacka” o “sacca”, tiene los tejidos vegetales de un rizoma adulto, pero no presenta coloración, además que no acumula sustancias de reserva. Este tipo de rizoma es utilizado como alimento humano, conteniendo altos niveles de yodo.
- **Rizoma del ápice** Es la parte terminal, apical del tallo subterráneo que no tiene raíces adventicias, siendo su tejido meristemático, con una coloración mayormente blanquecina y que se encuentra en constante crecimiento, constituyendo la base de la expansión de la totora. Los rizomas toman diferentes nombres vermiculares de acuerdo con el grado de madurez como sippi, sacca, etc.

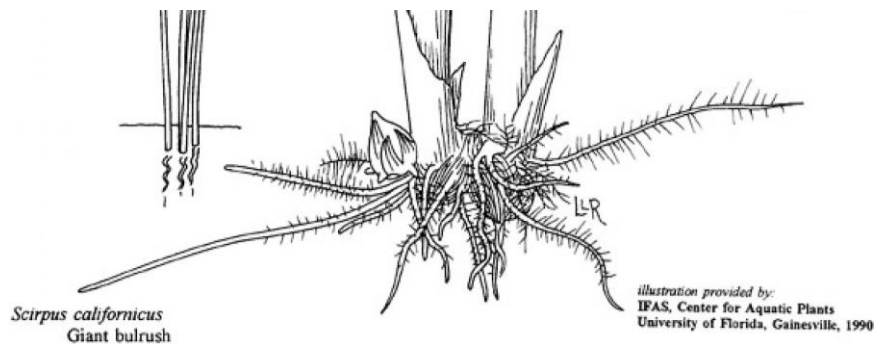


Figura 21. Schoenoplectus californicus.

Fuente: <https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/schoenoplectus-californicus/>

c) Tallo

La totora es una especie vegetal, que de acuerdo con su desarrollo tiene una parte de tallo fuera del agua (tallo aéreo) y la otra parte sumergida dentro del agua y el substrato de fondo (tallos subterráneos o sumergidos en el agua).

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Figura 22. Tallos de totora

Fuente: <https://agraria.pe/noticias/peru-iniciara-exportacion-de-totora-del-lago-9747>

- El tallo aéreo llega a alcanzar alturas de 2 a 4 metros, conformado por un tejido esponjoso que en su interior contiene aire la que favorece el flotamiento en el agua. Los tallos aéreos nacen de la parte superior del rizoma en forma de un cilindro cortical de poco espesor denominado propiamente "totora" de forma circular, en algunas veces triangular en la parte superior y apical. El tallo aéreo que se encuentra sumergido presenta clorofila, pero en la parte basal tiene una coloración blanquecina, denominada comúnmente como "Chullo", debido principalmente porque allí no inciden los rayos solares, llegando a almacenar disacáridos que le dan un sabor dulce y agradable.
- El tallo subterráneo es un verdadero rizoma donde se observa una corteza blanca sin clorofila y un cilindro central con muchos haces libero leñoso. Su crecimiento es en forma horizontal y paralelo al substrato, distinguiéndose por tener yemas en la parte superior que es de donde se originan los tallos aéreos y en la parte inferior se encuentran las raíces adventicias, formando rizomas que llegan a entrecruzarse, conformando una gran masa radicular, llamado comúnmente "quille" de un espesor que puede alcanzar de 0.50 m. hasta 0.70 m., dependiendo de la edad del totoral.



Figura 23

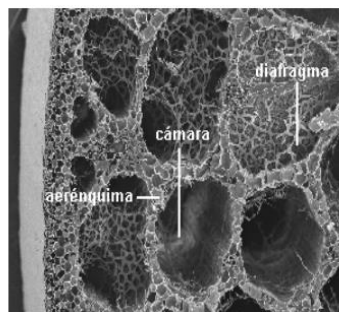


Figura 24



Figura 25

Figura 23. Sección de la hoja de la typha angustifolia, Fuente foto: Juan F. Hidalgo, 06

Figura 24. Transcorte de tallo de Schoenoplectus californicus,
Fuente foto: Ana María Gonzales, (<http://www.biologia.edu.ar>)

Figura 25. Tatora cane section cut. Fuente: Aprovechamiento de la tatora como material de construcción, Hidalgo, 2007

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

d) Reproducción

La parte alta de la planta presenta una inflorescencia ramificada que por un lado es arqueada, debido al desarrollo de brácteas rígidas, y por otro es erecta en la prolongación del tallo. Las espigüelas son hermafroditas, abundantes, ovoides u oblongas. Presenta una cubierta floral espiralada, decidua, ovada, redonda en la parte posterior, con una nervadura media fuerte y una lateral inconspicua u obsoleta.

e) Tamaño

La Totora es una hierba acuática perenne, de escaso porte y fasciculada, que puede llegar a medir hasta 4 m de altura, de los cuales al menos la mitad está sumergida bajo el agua y la otra parte se halla por encima de la superficie.

f) Hojas

Las hojas de la Totora forman una vaina que rodea al tallo en la base. Están distribuidas en dos sectores: las hojas de la parte inferior de la planta presentan vainas foliares carentes de láminas, mientras que las superiores las desarrollan ocasionalmente.

g) Inflorescencia

La parte alta de la planta presenta una inflorescencia ramificada que por un lado es arqueada, debido al desarrollo de brácteas rígidas, y por otro es erecta en la prolongación del tallo. Las espigüelas son hermafroditas, abundantes, ovoides u oblongas. Presenta una cubierta floral espiralada, decidua, ovada, redonda en la parte posterior, con una nervadura media fuerte y una lateral inconspicua u obsoleta.

h) Flores

Las pequeñas flores de la Totora son hermafroditas, es decir, reúnen en sí ambos sexos, y la envoltura floral está compuesta por 2 a 6 escamas.

i) Frutos

Esta planta produce frutos secos biconvexos o aplanados convexos, lisos o transversalmente rugosos, con un pericarpio no soldado a ellos. El fruto contiene una sola semilla de forma similar a la lenteja.¹⁷



Figura 26. Partes de la totora: tallo, frutos, Inflorescencia.

Fuente: / <https://www.iflora.com/en/image-search/phylogenetic-tree/art/showgallery/isolepis-setacea.html>

¹⁷ Fitorremediación del agua para el cultivo de plantas en el vivero forestal del gad municipal del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2015".
Autor. Pastuña Curco Klever Darío. Pag 66.

5. CARCATERISTICAS DE LA TOTORA

La especie mas comun conocida como totora es la Schoenoplectus o Scirpus Californicus existe una amplia gama de plantas de raiz acuatica a nivel mundial que tienen características muy similares por lo que se va hacer un pequeño resumen de la toxonomia para anlizar sus diferencias para un analisis mas profundo.

Con este fin se han tomado los datos taxonómicos disponibles en las páginas web del “Centro para Plantas Acuáticas” de la Universidad de Florida (<http://aquat1.ifas.ufl.edu>) y del “Departamento de Agricultura de los EEUU” (<http://plants.usda.gov>) y la pagina de Naturalista que estudia las especies a nivel global (<https://www.naturalista.mx/>)





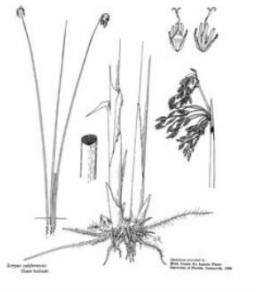
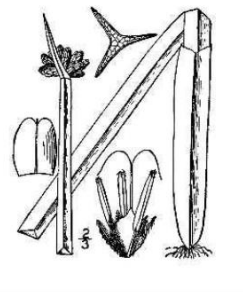
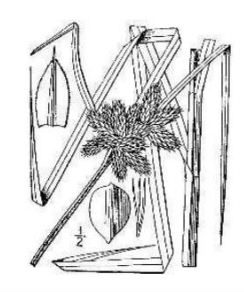
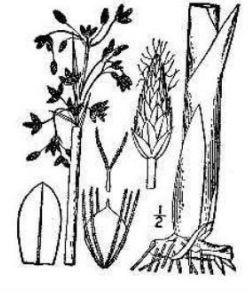
Genero	Schoenoplectus o Scirpus			
Nombre	Schoenoplectus californicus:	Schoenoplectus americanus	Schoenoplectus robustus	Schoenoplectus tabernaemontani (softstem) validus
Tamaño	2.5 - 3.5	2-2.5	1-1.3	3-4m
Tallo	Sección triangular suavizada	Sección triangular marcada	Sección triangular suavizada	Sección triangular suavizada, casi ovalada mas ancha en la base (4cm.) y fina en la punta
Floración	Tallo, abierta, y luego sobresale una pequeña bráctea en punta que parece continuación del tallo	Tallo, semiabierta, con una bráctea que sobresale luego de la flor un tanto más larga que S.Cal	Tallo, formando grupos en capullo, con una bráctea que continúa el tallo	Tallo, semiabierta, sin bráctea o muy pequeña
Hojas	Pequeñas envolviendo la base	Muy pequeñas en la base	Hojas largas tipo hierba de 50cm	Muy pequeñas rodeando la base.
Imagen				
	Figura 27. https://www.naturalista.mx/photos/19904180	Figura 29. https://www.naturalista.mx/photos/21098704	Figura 31. https://www.naturalista.mx/photos/79020136	Figura 33. https://www.naturalista.mx/photos/115494892
				
	Figura 28. https://plants.ifas.ufl.edu/	Figura30. https://plants.ifas.ufl.edu/	Figura 32. https://plants.ifas.ufl.edu/	Figura 34. http://plants.usda.gov

Tabla 2 Tabla subespecies de totora,
Fuente: <http://aquat1.ifas.ufl.edu>, <http://plants.usda.gov>, <https://www.naturalista.mx/>



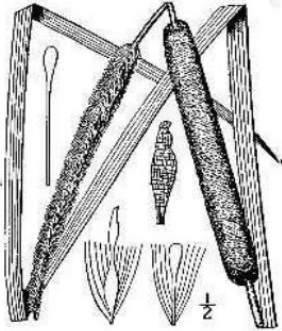
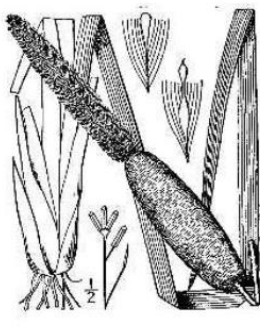
Genero	Typha	
Nombre	Typha angustifolia	Typha latifolia
Tamaño	1.5-3	1.5-3
Tallo	Sección circular	sección circular verde a café
Floración	Tallo, tipo espiga dividida con el tallo del centro desnudo.	Tallo, tipo espiga dividida, casi no deja tallo visto en la división como las otras especies y la flor superior es mas delgada
Hojas	Crece largas desde la base, de superficie cóncava por un lado y rectas o convexas al otro.	Rodean el tallo, siendo más anchas en la base y finas en las puntas
Imagen	 <p>Figura 35. https://www.naturalista.mx/photos/143259898</p>	 <p>Figura 37. https://www.naturalista.mx/photos/4280840</p>
	 <p>Figura 36. http://plants.usda.gov</p>	 <p>Figura 38. http://plants.usda.gov</p>

Tabla 3 Tabla subespecies de totora,
 Fuente: <http://aquat1.ifas.ufl.edu>, <http://plants.usda.gov>, <https://www.naturalista.mx/>

5.1 Propiedades Físicas

En Ecuador existe un estudio muy amplio del uso de la totora en diferentes ramas realizada por SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA del MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR, obteniendo datos importantes sobre su crecimiento, y propiedades que la caracterizan.

“FENOLOGÍA Y UTILIZACIÓN.

La floración de la totora inicia a mediados de la época lluviosa y seca y su periodo de fructificación es cada 6 meses, periodo en el cual se realiza el corte, (2 cosechas al año), en esta actividad participa la mayoría de los miembros familiares, elaboran pequeños atados “guangos” para ser trasladados a su lugar de secado, de mayor aireación, bien soleado y plano.

El tiempo de secado transcurre entre 8 – 15 días hasta que la fibra haya transpirado su humedad hasta un 90%, característica fundamental para que las mujeres (trabajo de equidad) elaboren las diferentes artesanías: esteras, aventadores, carteras, etc. debido a la resistencia de su fibra natural, sirve para la construcción de botes rudimentarios para la pesca y cosecha de totora. Además se la puede utilizar como material aislante”¹⁸

Altura de planta	3,20 a 4,20 m.
Espesor	0,5 a 5,0 cm de diámetro
Densidad	280 tallos aéreos/m ²

Tabla 4 Propiedades

Fuente. www.sica.gov.ec, extracto del artículo: USOS Y APROVECHAMIENTO ACTUAL DE LA TOTORA (*Schoenoplectus californicus*) EN IMBABURA, Ing. Andrés Simbaña Villarreal, Universidad Católica del Ecuador. Sede Ibarra, mayo 2001

Densidad.	Un grupo de totora atada con presión mediana, de manera que no altere su volumen, pero mantenga estable el conjunto, tiene un peso de 180Kg/m ³ .
Absorción.	La totora sin presión, al estar saturada de agua (24 horas sumergida) aumenta en promedio cuatro veces su peso seco inicial.
Velocidad de absorción.	La velocidad inicial de absorción, tomada en los primeros 20 minutos de inmersión, es de 7% de aumento de su peso/minuto, y la velocidad de absorción general, hasta su estado de saturación, es de 0.3%/minuto.
Velocidad de pérdida de humedad.	La velocidad inicial de pérdida de peso al secarse, tomada en los primeros 20 minutos, es de 0.3% de pérdida de su peso/minuto, y la velocidad de secado general hasta su estado seco original, es de 0.13%/minuto.

Tabla 5 Propiedades físicas,

Fuente: J. Hidalgo, Aprovechamiento de la Totora como Material de Construcción, Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura, 2007.

¹⁸ www.sica.gov.ec, extracto del artículo: USOS Y APROVECHAMIENTO ACTUAL DE LA TOTORA (*Schoenoplectus californicus*) EN IMBABURA, Ing. Andrés Simbaña Villarreal, Universidad Católica del Ecuador. Sede Ibarra, mayo 2001.

5.2 Propiedades Mecánicas

Tensión	A partir de probetas y ensayos se obtiene un esfuerzo de 88,501 MPa y una deformación al esfuerzo de 0,05132(mm/mm).
Compresión	Un tallo de totora aislado resiste alrededor de 15kg/cm ² . La resistencia a la compresión aumenta si se trabaja con grupos de tallos de totora juntos y aumentará aún más si este grupo es sujetado con presión para conseguir un volumen compacto, pudiendo llegar hasta resistencias de 40kg/cm ² o más.

Tabla 6 Propiedades Mecánicas,

Fuente. C. Mejía, Caracterización de un material de resina poliéster y refuerzo con fibra natural de totora (*Schoenoplectus californicus*), mediante simulación a partir de microfotografía, Universidad de las Fuerzas Armadas, Centro de Postgrados, 2017.

5.3 Composición Química

El estado de madurez de la totora influye sobre el contenido de fibra detergente ácido y proteína cruda de la totora, sin dañar la fibra detergente neutro.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Composición	Totora
Hemicelulosa	30.71%
x-celulosa	66.79%
Lignina	27.80%

Tabla 7 Composición Química,

Fuente. C. Mejía, Caracterización de un material de resina poliéster y refuerzo con fibra natural de totora (*Schoenoplectus californicus*), mediante simulación a partir de microfotografía, Universidad de las Fuerzas Armadas, Centro de Postgrados, 2017.

Composición	Madura (%)	Tierna (%)
Humedad	78.70	82.80
Grasa bruta	1.80	1.50
Fibra detergente neutra	70.70	70.20
Fibra detergente ácido	51.70	44.90
Proteína cruda	6.50	10.50
Ceniza total	9.10	7.20
Carbohidratos no fibrosos	11.90	10.60

Tabla 8 Composición Química,

Fuente: Recuperado de (Avalos, 2015)

5.4 Composicion Mineral

El contenido de minerales de la totora es relativamente elevado en ciertos elementos, como el sodio y potasio, seguido de calcio, pero con menor nivel de fósforo, en este cuadro se observa en Microelemntos y Macroelementos.

Microelementos		Macroelementos	
Composición	Medida	Composición	Porcentaje
Hierro	950 ppm	Calcio	0.9%
Cobre	5.5 ppm	Fósforo	0.2%
Manganeso	97 ppm	Magnesio	0.2%
Zinc	14.5 ppm	Sodio	2.5%
Boro	160 ppm	Potasio	5.80%
SiO2	0.80%	Azufre	0.70%

Tabla 9 Composición Mineral,
Fuente: Recuperado de (Avalos, 2015)

5.5 Composicion Bioquímica

Composición	Porcentaje
Proteína	6.03%
Fósforo	0.28%
Calcio	0.34%
Yodo	0.78%
Magnesio	0.49%

Tabla 10 Composición Bioquímica de la totora
Fuente Recuperado de (Condori, 2010)

6. ESTRUCTURA DE LA TOTORA

En el lago de San Pablo en Otavalo – Ecuador, lugar de estudio específico de la fibra se encuentran plantaciones de totora, donde se provee de estas fibras a los artesanos de este cantón para la confección de artesanías, viviendas, barcos y emprendimientos comunales.

Para hacer un análisis profundo de la estructura de la totora y poder sacar parámetros iniciales en el estudio de las fibras analizamos la norma técnica ecuatoriana NEC-SE-GUADUA y la norma técnica colombiana NTC-5525.

Para la totora se van a utilizar los conceptos de normas técnicas ya mencionadas para la selección, tratamientos, experimentación con las fibras de totora para obtener resultados idóneos que permitan generar bases técnicas en relación con las pruebas y ensayos realizados por algunos investigadores que formulen normas técnicas del propio material.

NEC-SE-GUADUA	
Aplicación	Esta norma está dirigida al diseño estructural de edificaciones de hasta 2 pisos para el diseño de vivienda, equipamientos en general y estructuras de soporte a infraestructuras, con cargas vivas máximas repartidas de hasta 2,0 kN/m ² .
Estructura	Los estándares para la clasificación se detallan con los cuidados que deben tenerse, desde la plantación hasta la comercialización (identificación, selección, corte, avinagrado, apeo, corte de ramas, transporte, limpieza, preservación, secado y almacenamiento) para garantizar su calidad.
Selección	Se deben llevar un control de la edad de cada culmo en las plantaciones, la composición ideal de tallos en un bosque de bambú es de aproximadamente un 10% de brotes, un 30% de tallos jóvenes y un 60% de tallos maduros. Adicionalmente, los culmos que tienen una edad entre 4 y 6 años, tienen varios signos visibles que indican su madurez:
Corte	Los culmos maduros seleccionados, serán cortados a ras del primer nudo inferior, con el fin de evitar que en el tocón se acumule agua y prevenir la pudrición del sistema radicular de la planta
Transporte	Es necesario que estos sean transportados adecuadamente para evitar daños importantes en su estructura, el transporte del material
Perseverancia	Se someten a un proceso que garantice su protección y conservación, para evitar con ello que sufran daños por acción de factores bióticos (xilófagos o similares) que destruyan o afecten las características físico-mecánicas de los elementos constructivos.
Secado	El secado debe alcanzar un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar, mediante 2 formas: ambiental (colocando de forma vertical en sitios ventilados de este a oeste para disminuir la exposición solar; se recomienda un giro parcial y diario sobre su eje longitudinal dependiendo de las condiciones climáticas el tiempo puede variar entre 2 a 6 meses) y artificial, (mediante hornos, inyección al aire caliente o secado solar)
Almacenamiento	El almacenamiento se lo puede realizar de forma vertical (recostados e intercalados en un caballete) y horizontal (sobre soportes de madera dura y preservada, cuya altura en ningún caso excederá los 2m y separado entre sí de 20 a 30 cm), procurando que en los dos casos el material quede aislado de la humedad del suelo, esté protegido de la radiación solar y se halle en sitios ventilados.
Identificación	Para ser utilizada como elemento estructural en forma de columna, viga, vigueta, pie derecho, entramados, entrepisos, etc., debe cumplir con los requisitos de calidad: debe estar seca, deben cumplir con los procesos de preservación y secado descritos, no deben presentar una deformación del eje longitudinal mayor al 0,33%, la grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al canuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20%, no pueden presentar arrugas perimetrales que evidencien una falla debida a compresión durante la vida, no deben presentar perforaciones causadas por ataque de insectos, ni grado de pudrición causada por hongos.

Tabla 11 Resumen de Normas NEC para la Guadua
Fuente: NEC-SE-GUADUA

Esfuerzos admisibles, F_i (MPa), CH=12%

F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión \parallel	F_{p^*} Compresión \perp	F_v Corte
15	19	14	1.4	1.2

Tabla 12 Esfuerzos Admisibles Fuente: MIDUVI 2016

Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12%

Módulo percentil 5 $E_{0.5}$	Módulo percentil 5 $E_{0.05}$	Módulo mínimo E_{min}
12.000	7.500	4.000

Tabla 13 Modulo de elasticidad Fuente: MIDUVI 2016

La NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 5525 “determina que los métodos de ensayo para establecer las propiedades físicas mecánicas a las fibras de la guadua se pueden realizar en laboratorio para determinar su correcto funcionamiento

NORMA TECNICA COLOMBIANA	
PROCEDIMIENTOS GENERALES	
MEDICIÓN Y PESO	<p>Cada ensayo, se deben medir las dimensiones de cada probeta con una exactitud:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 mm para la longitud del culmo, • 1 mm para la longitud o altura de la probeta, paralela al eje del culmo, • 1 mm para el diámetro del culmo; en cada sección transversal, el diámetro se debe tomados veces, en direcciones perpendiculares entre sí; • 0,1 mm para el espesor de la pared; en cada sección transversal, el espesor de la pared se debe tomar cuatro veces en los mismos sitios en que se midió el diámetro (dos veces). <p>La probeta se debe pesar con una exactitud de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 g por culmo; • 1 g por probeta de más de 100 g, y- 0,1 g por probeta de menos de 100 g
TEMPERATURA	27°C ± 2°C
HUMEDAD	70% ± 5%
VELOCIDAD DE APLICACIÓN	La velocidad de aplicación de la carga de la máquina de ensayo no debe tener una variación superior a ± 20 % con respecto a la velocidad especificada para un ensayo determinado
CALIBRACIÓN	Todos los dispositivos y equipos de ensayo utilizados para obtener datos se deben calibrar a intervalos suficientes para garantizar la exactitud de los resultados.

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño


**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TOMA DE MUESTRAS Y ALMACENAMIENTO DE LAS PROBETAS	
SELECCIÓN	Se deben seleccionar d+B9:B14e diferentes rodales en pie, por una persona calificada que pueda identificar la especie y comprender las diferentes implicaciones involucradas en el trozado y en el ensayo. Siempre que sea necesario y conveniente, el responsable del ensayo debe inspeccionar la localidad antes del corte
CORTE, ROTULADO Y TROZADO	<p>Antes del corte, se debe marcar un anillo a la altura de un metro desde el suelo , con pintura blanca o negra, y se deben registrar los siguientes datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre (botánico y local). • Nombre de la localidad. • Cantidad de rodales y culmos seleccionados. • Estado de madurez de los culmos. • Detalles acerca de marcas y defectos en los culmos. • Número de entrenudos entre el suelo y el anillo de pintura. • Fecha de corte y despacho. • Nombre y firma del responsable del corte, rotulado y trozado
DESPACHO	Es recomendable que el material se despache tan pronto como sea posible, preferiblemente en un lapso de 2 semanas después del corte. En los casos en que no sea posible enviar el material inmediatamente, éste se debe almacenar en un lugar a la sombra, protegido de la lluvia y sin contacto con el suelo. Si existe riesgo de agrietamiento, los extremos se pueden recubrir con alquitrán de hulla, cera de parafina, barniz o cualquier otro recubrimiento apropiado.
RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO	En el momento en que el responsable de la prueba recibe el material, debe revisar las particularidades de la identificación de los diferentes culmos y debe conservar un registro apropiado. Los culmos de guadua se deben almacenar durante un periodo lo más corto que sea posible, de modo tal que no se produzca deterioro.
ROTULADO Y TROZADO EN PROBETAS	Se deben cortar probetas para los diferentes ensayos y se deben rotular adecuadamente (número del proyecto, número del envío, cantidad de culmos, etc.) para la completa identificación de cada probeta.
INFORME DE ENSAYO	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre y dirección del laboratorio, fecha del ensayo, y nombre del responsable del ensayo. • Referencia a esta NTC y a las normas nacionales aplicables • Detalles de los especímenes de ensayo • Temperatura y humedad del aire en el laboratorio. • Equipo utilizado y toda información que pueda influir en el uso de los resultados del ensayo. • Resultados del ensayo • Detalles sobre el tratamiento estadístico de los resultados del ensayo • Datos sobre el ajuste a un contenido de humedad de 12 %, si aplica

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño


**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Preparación y Procedimiento	Las probetas se deben pesar con una exactitud de 0,01 g y luego se deben secar en un horno a temperatura de $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Después de 24 h, se debe registrar la masa a intervalos regulares no inferiores a 2 h. Se debe tener mucho cuidado para evitar todo cambio en el contenido de humedad durante el periodo entre el retiro del horno y las determinaciones posteriores de la masa
DENSIDAD	
Preparación y Procedimiento	Mida las dimensiones de las probetas con exactitud de 0,1 mm y calcule el volumen o determínelo con un método adecuado (por ejemplo, mediante inmersión), con una exactitud de 10 mm. Seque las probetas hasta obtener una masa constante, pero hágalo gradualmente para minimizar la deformación y el fisurado. Realice las operaciones de pesaje inmediatamente después del secado. Determine la masa de las probetas con una exactitud de 0,01 g
CONTRACCIÓN	
Preparación	Las probetas, con una altura de 100 mm, se deben preparar a partir de secciones, que no incluyan nudos, tomadas de culmos completos de guadua. En el caso de ensayos de compresión, corte y tensión, las muestras para el ensayo de contracción se deben tomar lo más cerca posible de las muestras tomadas para compresión, corte y tensión. En el caso de ensayos de flexión, se deben tomar lo más cerca posible del sitio de falla. En cada caso, deben estar libres de grietas iniciales. Si los ensayos de contracción se hacen independientemente de otros ensayos, las muestras de ensayo se deben tomar de la sección más inferior del culmo
Procedimiento	La contracción se debe medir en el diámetro externo D, en el espesor de la pared t y en la longitud L de la probeta. Se deben hacer marcas adecuadas en la probeta para facilitar que todas las observaciones se realicen cada vez del mismo lugar. En cada probeta, se deben medir 4 diámetros, 4 espesores de pared (dos en cada extremo) y 2 longitudes. Se debe permitir que la probeta se seque lentamente en condiciones de humedad gradualmente decreciente y temperatura creciente. Las masas y las dimensiones se deben registrar con regularidad hasta que las dimensiones sean constantes o se termine un ciclo completo de secado. Por último, las probetas se deben poner en un horno con temperatura aproximada de $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, de tal forma que se sequen completamente, después de lo cual, se deben tomar las dimensiones por última vez.
COMPRESIÓN	
Preparación	Los ensayos de compresión axial se deben llevar a cabo en probetas sin nudos y cuya longitud sea igual al diámetro externo; no obstante, si éste es de 20 mm o menos, la altura debe ser el doble del diámetro externo. Estas limitaciones son válidas en el caso de ensayos con propósitos comerciales; en el caso de los ensayos para investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente. Las superficies de los extremos de la probeta deben estar en ángulo perfectamente recta con la longitud de ésta; deben ser planos, con una desviación máxima de 0,2 mm.

Procedimiento	<p>La probeta se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplica inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1 kN, para acomodar la probeta.</p> <p>La carga se debe aplicar continuamente durante el ensayo para hacer que el cabeza móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s</p>
FLEXIÓN	
Preparación	<p>Para lograr una falla en flexión, el espacio libre debe ser al menos 30 x D, donde Coloque el culmo en su lugar en la máquina de ensayo, apoyado sobre los dos soportes en los dos apoyos, permitiendo que la probeta encuentre su propia posición. Enseguida ubique las dos monturas y la viga (que divide la carga) en la parte superior del culmo y permita nuevamente que el culmo encuentre su posición, alinee visualmente el culmo, los soportes, las monturas, la carga y los apoyos en un plano vertical.</p>
Procedimiento	<p>La aplicación de la carga al culmo se debe hacer uniformemente a velocidad constante. La velocidad de ensayo (preferiblemente con movimiento constante del cabezal de carga de la máquina o con incremento constante de carga) debe ser de 0,5 mm/s. La carga máxima se debe determinar con la exactitud.</p>
CORTE	
Preparación	<p>El 50 % de las probetas para los ensayos de corte paralelos a la fibra deben tener nudo y el 50 % restante no deben tener nudo. La longitud de la probeta debe ser igual a su diámetro. Estas limitaciones son válidas en caso de ensayos con propósitos comerciales; en caso de investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente.</p>
Procedimiento	<p>La probeta se debe colocar de manera tal que el centro del cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la misma. La probeta también debe estar centrada con relación a los cuartos de soporte y de carga. Inicialmente se aplica una carga pequeña, no superior a 1 kN, para acomodar la probeta.</p> <p>La carga se debe aplicar continuamente durante la prueba para lograr que el cabeza móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s</p>
TENSIÓN	
Preparación	<p>Los ensayos de tensión paralela a las fibras se deben hacer en probetas con un nudo, que debe estar en la porción de ensayo. Esta limitación es válida en caso de ensayos con propósitos comerciales; en caso de investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente.</p> <p>La dirección general de las fibras debe ser paralela al eje longitudinal de la porción de ensayo de la probeta. La porción de ensayo debe tener una sección transversal rectangular cuyas dimensiones sean iguales al espesor de la pared o menor en la dirección radial; y de 10 mm a 20 mm en la dirección tangencial. La longitud de la porción de ensayo debe estar entre 50 mm y 100 mm.</p>
Procedimiento	<p>Mida las dimensiones de la sección transversal de la porción de ensayo de la probeta con una exactitud de 0,1 mm, en tres lugares de la porción de ensayo, y calcule el valor medio. Asegure los extremos de la probeta entre los sujetadores de la máquina de ensayo, a una distancia segura desde la porción de ensayo. Aplique la carga a velocidad constante. Lea la carga máxima. Deseche los resultados obtenidos en probetas cuya falla se produzca fuera de la porción de ensayo.</p>

Tabla 12 Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC

Fuente: <https://construccionessuce.wordpress.com/2018/06/13/propiedades-fisico-mecanicas-bambu-ntc-5525/>

6.1 USO DE LA TOTORA

La totora es un recurso natural renovable que llega a cubrir zonas extensas en la mayor parte de Sur América en especial del Lago Titicaca, este recurso se extrae en de manera extensiva lo que hace que sea un gran aporte económico para las comunidades aledañas de donde se da la totora. En los meses de Enero Febrero y Marzo alcanza su máximo crecimiento por épocas de lluvia, pero su corte se realiza en agosto y septiembre época donde se da un nuevo crecimiento, a continuación, presentamos los diferentes usos que tiene la Totora:

- **Alimentación.**

La base del tallo se denomina Chullo, se puede masticar siendo líquido, refrescante y dulce, además es fuente de Minerales y fibras conservando un alto contenido de yodo que ayuda a la digestión, evitando el estreñimiento y el cancer de colon por lo que es consumido por Pobladores.

La totora también sirve de forraje para los animales, como base y proteína, este permite que se corte hasta tres veces al año lo que ayuda en las épocas de sequias que es cuando no hay mucha alimentación para el ganado.



Figura 27. Tallo de la totora

Fuente: <https://www.bridgeandtunnelclub.com/bigmap/outoftown/peru/puno/lagotiticaca/uros/index.htm>

- **Purificación y protección del suelo**

“Las raíces protegen el suelo de las orillas del lago del desgaste. Este desgaste se produce porque las olas del lago se llevan la tierra que sirve para sembrar. La totora purifica las aguas contaminadas porque absorbe las impurezas y bota el agua limpia. Entre la totora vive una gran variedad de plantas que también purifican el agua”¹⁹

¹⁹ LA TOTORA, La planta sagrada de los Urus, fuente: www.fundacion.proeibandes.org

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Figura 28. Purificación de la totora en aguas residuales

Fuente: <https://cemit.una.py/comprueban-eficiencia-de-totoras-para-absorcion-de-metales-en-aguas-contaminadas/>

- **Hábitat para peces y aves**

Las raíces y tallos de la totora permiten que los peces se reproduzcan ya que ponen sus huevos entre las raíces de la totora y cuando nacen permanecen entre las raíces evitando que peces mas grandes los coman. Pasa lo mismo con las aves encuentran un refugio, poniendo sus nidos entre los tallos y protegiendo a sus crías de otras especies.



Figura 29. La Totora como hospedaje de especies

Fuente: Comunidad Isla Pariti (Foto: L. Isaac Callizaya) Fundación Propina

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

- **Cultivo de plantas**

“Los urus cortan la totora, la pisan y luego la entierran. Cuando se descompone, la totora se convierte en un excelente abono.

El abono que se obtiene de la totora es usado en la fertilización de los suelos que servirán para el cultivo de sus alimentos.”²⁰



Figura 30. Elaboración de Compost con totora

Fuente: Comunidades Cumana, Cascachi y Pajchiri. (Fotos: Fundación PROINPA)

- **En el tratamiento de enfermedades y dolores**

La totora tiene un lugar muy importante en la medicina tradicional. Algunos de los usos medicinales de la totora son los siguientes:

- La totora previene el bocio y detiene la disentería.
- La raíz de la totora se emplea para lavar tumores y aftas.
- La ceniza de la totora sirve para que las heridas cicatricen más rápido.
- El mate de flor de totora sirve para calmar el dolor de estómago y para que las mujeres embarazadas den a luz más rápido.
- La corteza de la totora elimina la fiebre y calma el dolor de cabeza

²⁰ LA TOTORA, La planta sagrada de los Urus, fuente: www.fundacion.proeibandes.org

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

- **Material para combustión y energía**

La totora seca es un buen material de combustión, aunque de manera rápida se consume por el fuego. Aún es posible encontrar en los rincones de algunos hogares los Qhiris o fogones donde no falta la totora como fuente de energía para la cocción diaria de alimentos. La totora usada como materia de combustión se denomina Phaaña, Tuttur Phaaña, T'una o Tuttur T'una. Es la totora que ha sido desechada de otros usos y que ya no tiene otra utilidad que usar en el fogón.²¹

- **Artesanías y Juguetes**

Como mejor se le conoce actualmente es por la elaboración de artesanías que se hace con la totora ya que son productos de recuerdos para los turistas que llegan a las comunidades, algunos de los productos van desde llaveros de balsas, a su vez animales representativos de los andes como el Cónδος, las llamas, aves, ollas canastas, sombreros, adornos, detalles de hogares siendo el sustento económico de ingreso para las comunidades que se dedican a explotar el material desde sus ancestros.

La totora empleada en las artesanías pasa por un proceso de selección para clasificar el que es de mejor calidad ya que brinda las propiedades necesarias tanto de flexibilidad, manipulación para que no se rompan ni tengan rajaduras logrando maniobrar el material de mejor manera.



Figura 31. Artesanías de totora

²¹ Temas iconográficos de la cuenca del titicaca, arqueología boliviana año 4 - número 4 – 2018, Fuente: isla pariti: conviviendo con la totora, la fibra vegetal de múltiples beneficios L. Isaac Callizaya Limachi 2018, Pag 251.

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Existen algunos tipos de tejido de totora para realizar las artesanías donde se evaluaron las formas, el diseño, la resistencia, durabilidad que los artesanos utilizan y son los más representativos en el tejido Manual.

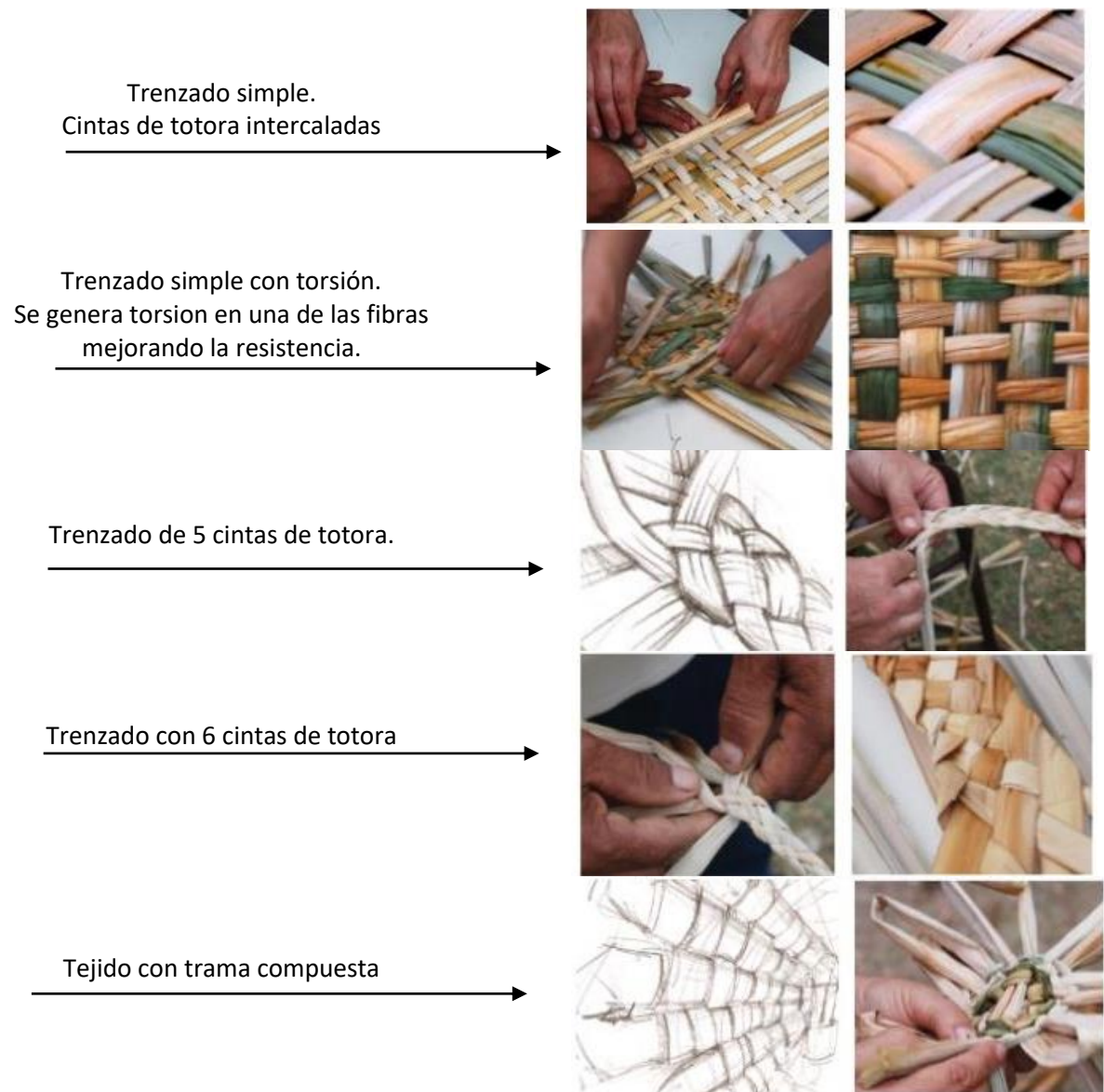


Figura 32. Tipo de tejidos

Fuentes: Hidalgo J. Edición: González M, 2019

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

- **Construcción de embarcaciones**

La totora sirve para construir embarcaciones, balsas (en lengua uru se llama t'usa), estas embarcaciones pueden tener de 10 a 20 metros, de acuerdo con la capacidad. Su durabilidad dependía de la calidad de fabricación y de la totora que se usaba en el caso de la Isla Pariti existen totorales conocidas como Q'ili Totoras son de mejor calidad su tronco son de tamaños largos y resistentes y se caracterizan porque cuando se secan su color es amarillento y cafés apropiados para la "Lumasa".

La balsa estaba compuesta en gran parte por la fibra de la totora seleccionada, tesados por la Phala, tipo de paja trenzado y conocido como Ch'illiwa.

Para construir una balsa, se siguen los siguientes pasos:

- Se selecciona la totora.
- Se corta la totora con la oz.
- Se seca la totora durante dos semanas.
- Se traslada la totora a un lugar llamado kuru; se comienza la elaboración de la totora sobre el agua.
- Generalmente los hombres son los que fabrican las balsas.
- Se elaboran tres partes primero y después se las cose.
- Después se aprieta durante un día.



Figura 33. Artesanías

Fuente: <https://www.en-otavalo.com/kuchapunku-navegando-en-una-balsa-de-totoras-el-lago-san-pablo/>

- **Isla Flotante de Urus**

Los Uros (del aimara *uru*; "los de la aurora") son una etnia altiplánica originaria, arraigada hace aproximadamente 300 años sobre las aguas del lago Titicaca, a 3.200 metros de altura y próximos a la Ciudad de Puno. ²²

La Isla de los Uros con islas artificiales flotantes de totora que se encuentran a 25m de profundidad, con una superficie de 9m2 aproximadamente por cada isa, existen 35 islas naturales en todo el lago, en una isla pueden habitar 35 personas de 8 familias.

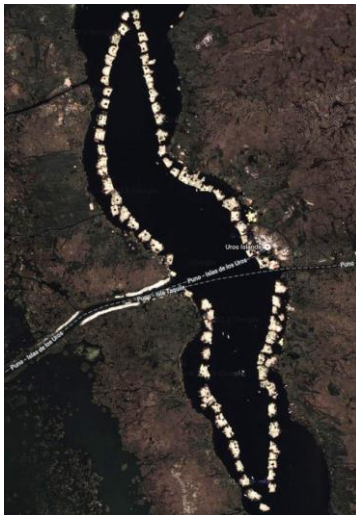


Figura 34.

Figura 34. Isla de los Uros Artificial.

Fuente: https://www.archdaily.cl/cl/02-345104/suelos-blandos-tradicion-constructiva-de-las-islas-flotantes-de-los-uros/5321d6bac07a805cd8000075-suelos-blandos-tradicion-constructiva-de-las-islas-flotantes-de-los-uros-foto?next_project=no



Figura 35.

Figura 35. Isla de los Uros Artificial.

Fuente: <https://www.perurail.com/es/blog/las-islas-flotantes-de-uros-y-su-comunidad/>

El Kilhi, es la raíz de la totora que, mezclada con la base de la tierra del lago, forma una capa natural sobre la cual las raíces se entretrejen y enmarañan, moldeando una especie de corcho que flota. Este elemento es primordial para la fundación del sistema constructivo de las Islas. EL Kilhi, sólo se puede encontrar una vez al año, generalmente en verano, cuando el nivel del agua sube, ya que es la presión del agua, la que hace que la raíz de la totora se rompa y flote naturalmente. Un bloque grande de kilhi puede pesar entre 300 a 500 kilogramos, mide aproximadamente entre 5 a 6 metros de largo, 2 a 3 metros de ancho y posee alrededor de 1 a 3 m de espesor. ²³

²² <https://www.archdaily.cl/cl/02-345104/suelos-blandos-tradicion-constructiva-de-las-islas-flotantes-de-los-uros>.

²³ <https://www.archdaily.cl/cl/02-345104/suelos-blandos-tradicion-constructiva-de-las-islas-flotantes-de-los-uros>

MASTER

Arquitectura avanzada

Paísaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Las edificaciones se encuentran elevadas de la superficie que se pisan, por la humedad existente del lago cada 6 a 7 meses cambian sus recubrimientos del tamaño, cada vivienda posee una sola habitación y se estructura en base a marcos de madera y tejidos de caña. La cocina es exterior para evitar incendios y los baños se encuentran en una isla independiente a la de las viviendas.



Figura 36. Viviendas de Isla Flotante

Fuente https://www.archdaily.cl/cl/02-345104/suelos-blandos-tradicion-constructiva-de-las-islas-flotantes-de-los-uros/5321d328c07a8042fc00005b-suelos-blandos-tradicion-constructiva-de-las-islas-flotantes-de-los-uros-foto?next_project=no

- **Esteras**

La totora, ha servido de Sixis o esteras para reposo durante la noche. Se tejían como especie de alfombras ya que cuenta con una estructura perimetral sea en madera o bambú le dan estabilidad al panel y se extendían sobre catres de adobe conocido como Phat'xas, donde se dormía con total calidez. Pues la totora, por excelencia es un material poroso que mantiene la temperatura adecuada.

Por otra parte, los Sixis también se tejían de distintos tamaños sirviendo como división de espacios, cielos rasos, además se armaban en forma de cilindros para el almacenaje de alimentos secos y granos como la Quinoa, Maíz, Cebada, Haba y otros, donde tenían una larga durabilidad de conservación.



Figura 37. Esteras de totora

fuelle: <https://www.lahora.com.ec/loja/esteras-una-tradicion-de-los-peregrinos-que-vienen-a-loja/>

MASTER

Arquitectura avanzada

Paísaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

7. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON TOTORA

La mayor parte de construcciones donde han explotado su material esta en América del Sur, principalmente en Perú y Bolivia sin embargo las investigaciones hechas por los arquitectos: Juan Hidalgo, Oscar Jara, Edison Cruz, Edwin Barragán, Estudio ASA. Y otras investigaciones físicas del material de totora, nos hacen ver que el material en sus diversas combinaciones aporta mucho mas en el diseño arquitectónico, mobiliario, construcción y que tiene muchas ventajas ya que su comportamiento es bueno, cumpliendo una función muy exigente.

7.1 Paneles de Totora

En las diferentes propuestas constructivas desarrolladas por su funcionalidad y necesidades se dividen en cubierta, paneles interiores, paneles exteriores, que son donde el material debe tener una mayor durabilidad y resistencia a gientes externos para su conservación, aquí se van a analizar los diferentes casos de estudios:

7.1.1 Paneles para Cubiertas

Son cubiertas hechas con tallo de totora, al ser un material capilar este además de desfogar el agua en lluvias por la parte externa también se absorbe y recorre por el centro del tallo desfogando por el mismo sentido es importante mencionar que el tallo no puede ser muy largo ya que este se absorbería y podría pasar al otro lado, sin embrago se pensó en una solución de paneles traslapados de 5cm con módulos de hasta 1m, a la vez estos módulos también se barnizaron para proteger por mayor tiempo los agentes de sol y lluvia, es importante mencionar que las pendientes deben ser mayores al 50% para evitar que entre el agua según estudios y ensayos realizados.

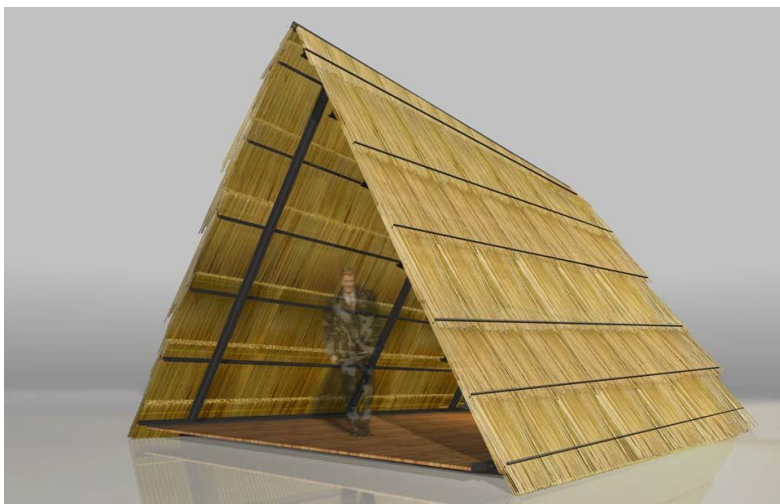


Figura 38.



Figura 39.

Figura 38. fotomontaje de una cubierta con estructura metálica, utilizando el panel de totora prensada, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 38. Comportamiento de la cubierta de totora doblada frente al agua, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

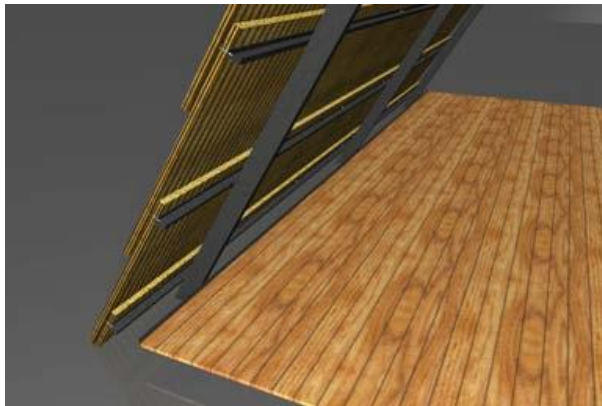


Figura 40.

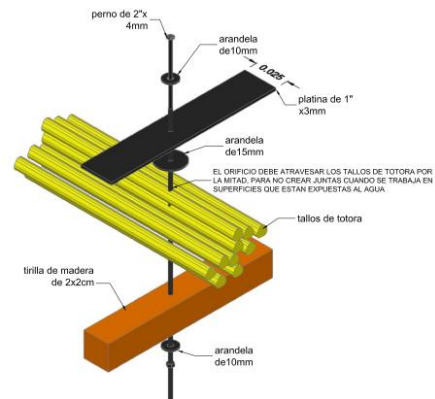


Figura 41.

Figura 40. detalle del montaje del panel sobre una estructura metálica, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 41. Detalle de la colocación de los pernos en los paneles prensados, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

7.1.2 Paneles para Exteriores

Están diseñados para funcionar como muros exteriores, pérgolas, cerramientos, etc. En este caso, no se requiere de una impermeabilidad total, lo más importante en este tipo de paneles es que los tallos extremos no tengan contacto directo con la humedad para evitar la descomposición del material. La manera de formar estas superficies es por el método del prensado presionando los tallos unos contra otros la longitud útil de estos paneles es de 3 m. Existe otro método de diseño posición y unión de los tallos de totora como son los rollos, consiguiendo un muro permeable y continuo y a su vez tenemos como toldo colgante que el amarre se hace con un cocido de hilo entre tallos para que cuelgue.

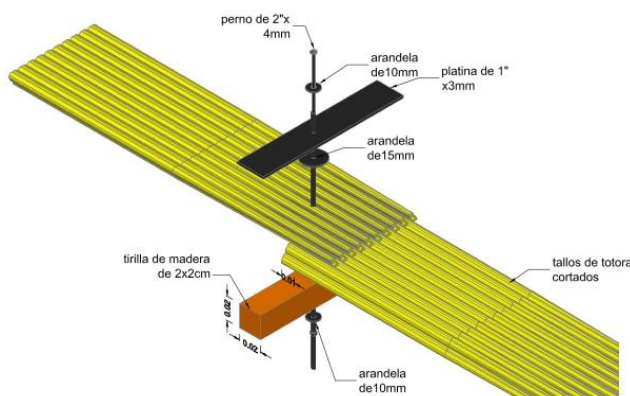


Figura 42.



Figura 43.

Figura 42. Cerramiento, gráfico del traslape de los tallos de totora entre la prensa, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 43. panel de totora prensada con tirillas de madera, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

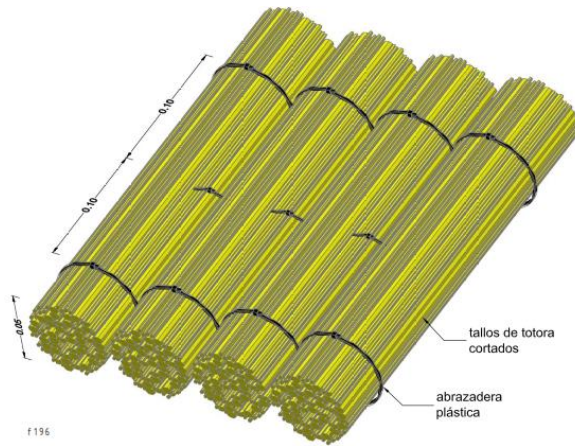


Figura 44.



Figura 45.

Figura 44. Cerramiento, Gráfico del armado del panel con rollos de totora, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 45. Panel de rollos de totora con abrazaderas plásticas, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

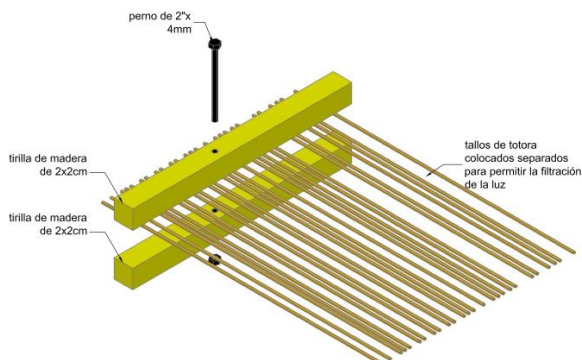


Figura 46.



Figura 47.

Figura 46. Pérgola, Gráfico del armado de una pérgola de totora con prensa de madera, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 47. Detalle de la prensa de madera para panel pérgola, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

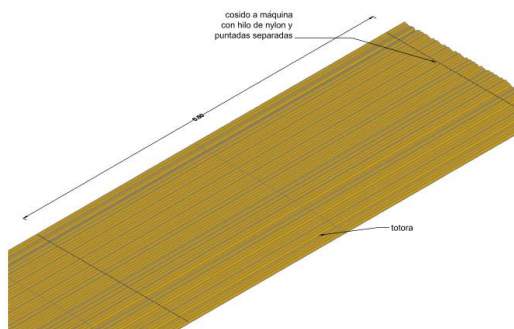


Figura 48.

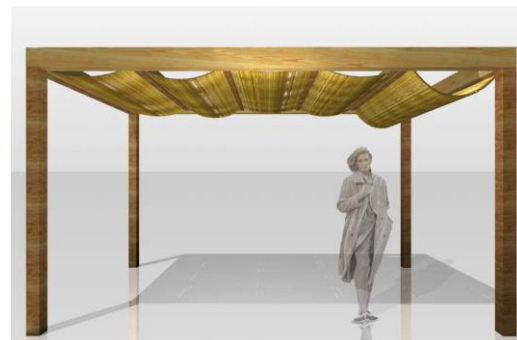


Figura 49.

Figura 48. Tool, gráfico del panel de totora cosido, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 49. Imagen del panel cosido colgado de una estructura de madera, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

7.1.3. Paneles para Interiores

Los prototipos de diseño interior de los paneles permiten experimentar más el material por el hecho de que no está expuesto a agentes externos que hacen que el material se desgaste más pronto y se muestre el material en detalles a resaltar interiormente.

- Panel tipo Tejido:** “Sobre una malla electrosoldada galvanizada de 5x5cm x 3mm, se colocaron tacos de madera de canelo, cortados precisamente para que calcen, con algo de presión, entre los hierros de la malla, los tacos se colocan en donde serían las intersecciones del tejido. La totora, previamente humedecida para evitar que se quiebre, se teje en grupos de 5 tallos, entre la malla y los tacos de madera, luego es tensada y aprisionada en los marcos del panel con prensas que permiten aflojarse para volver a tensar si fuese necesario. El módulo de este panel mide alrededor de 90x90cm dependiendo de la longitud de los tallos de totora. Su montaje puede hacerse, utilizando los mismos marcos como estructura, uniéndolos entre sí o montándolos paneles sobre una estructura independiente”.

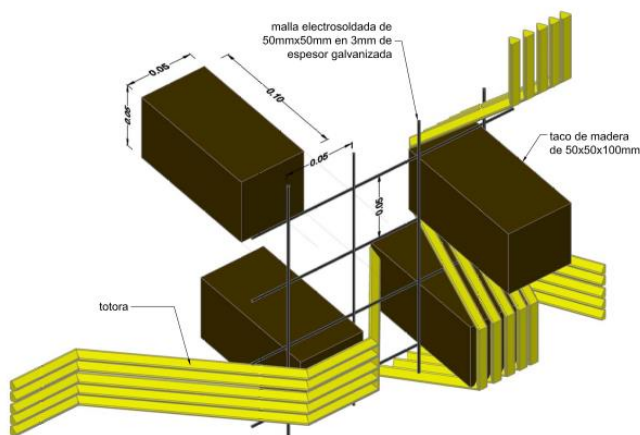


Figura 50.

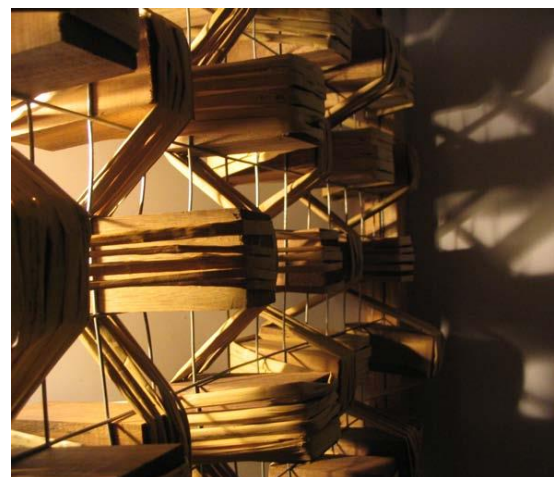


Figura 51.

Figura 50. Armado del panel tejido de totora, con tacos de madera y malla, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 51. Estudio de luz y sombra sobre el panel tejido. Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

- Panel tipo Gavión:** Inspirado en los muros tipo gaviones de contención, están colocados como un elemento separador interno, el cual posee una estructura perimetral metálica, empernada con dos mallas electrosoldadas en cada cara del panel y en su interior se colocaron pequeños retazos de tallos de totora. Generando una composición asimétrica ya que la totora no seguía ningún orden o secuencia en su ubicación.

“Este panel puede trabajarse sujetando directamente las mallas a la estructura, la totora sería colocada luego por la parte superior. Puede también trabajarse como módulos previamente armados, en este caso unen los marcos para formar la estructura.”²⁴

²⁴ Aprovechamiento de la totora como material de construcción, autor: Juan Fernando Hidalgo c. enero 2007

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

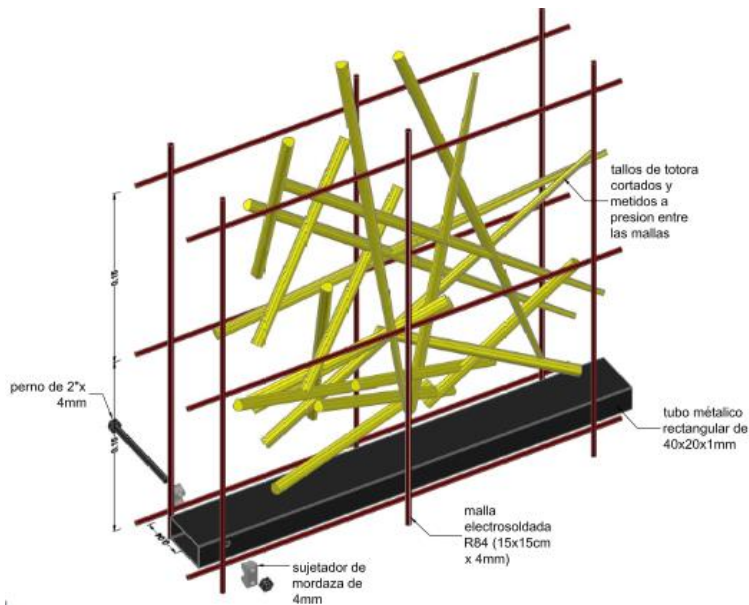


Figura 52.



Figura 53.

Figura 52. Armado del panel tipo gavión vegetal, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 53. Estudio de luz y sombra del panel, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

- **Paneles tipo Lienzo.** Es la sección de tallos cortados de totora de 8cm con guillotina de imprenta, pegados con goma blanca sobre un lienzo en posición vertical, la superficie al ser flexible lo que genera movimiento y la textura pueda cambiar con la acción del viento, si es tocada, etc.

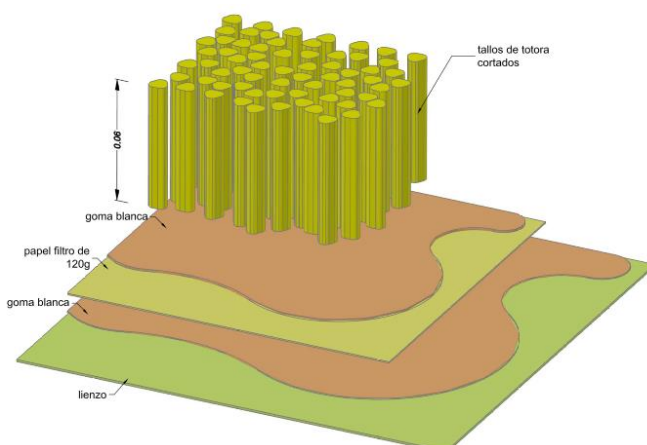


Figura 54.

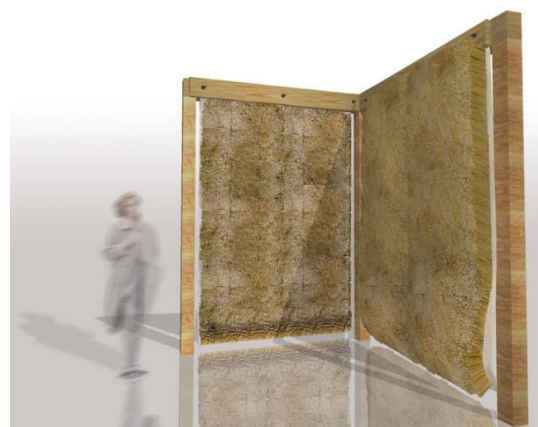


Figura 55.

Figura 54. Armado del panel de totora sobre lienzo, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 55. imagen del panel de totora sobre lienzo, colgado de una estructura de madera, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

7.1.4 Paneles tipo Bloques

Este tipo de paneles esta elaborado por bloques aglomerados, los tallos son cortados y se introduce en un marco que sirve como molde por 10 segundos, luego se retira y se deja secar en posición horizontal.

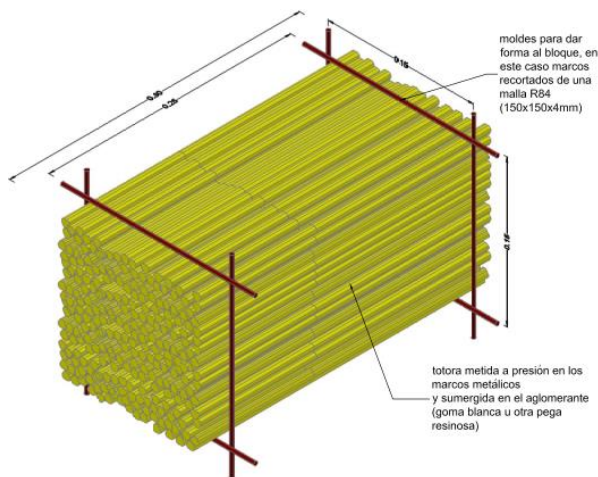


Figura 56.



Figura 57.

Figura 56. Armado de los bloques aglomerados de totora, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 57. Bloque de totora, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

7.1.5 Paneles tipo Textura Móvil

Para este tipo de panel se utiliza malla hecha con tiras de 5x3 cm de espesor entrelazadas creando marcos anchos, los tallos son de 15cm e introducidos a presión en la malla sin ningún pegante permitiendo su movimiento.

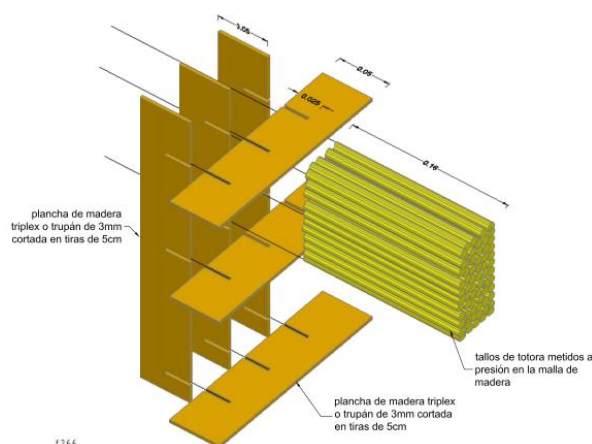


Figura 58.



Figura 59.

Figura 58. Armado del panel de textura móvil, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

Figura 59. Estudio de luz y sombra sobre el panel de textura móvil, Fuente: Juan F. Hidalgo, 2007

MASTER

Arquitectura avanzada
Paisaje
Urbanismo
Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

7.2 Muro de adobe con aislamiento de totora

La vivienda rural en comunidades se caracteriza por su alta dispersión en el territorio según las necesidades de producción, ya sean de crianza, de siembra entre otras al necesitar áreas extensas de tierra es donde se ubica la casa, la mayoría de estas casas son de materiales accesibles en la zona, tierra, piedras, pero sin una técnica de edificación que sea confortable, sien embargo Centro tierra creo un manual de investigación para mejorar estas viviendas, aquí se introduce en los muros y techos la totora generando un aislamiento del frio de la propiedad y haciéndola más confortable.

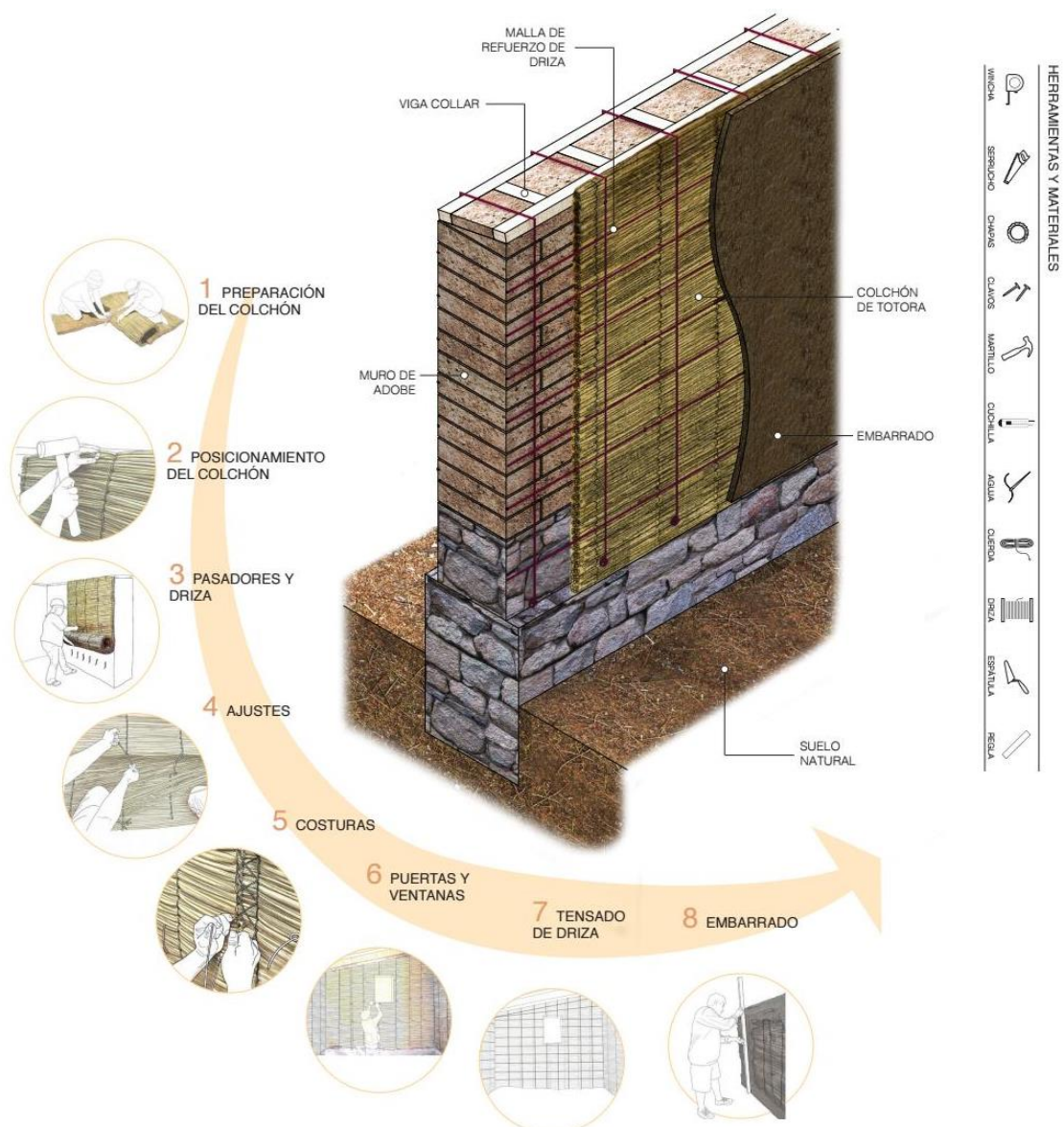


Figura 60. Muro Mejorado con totora y paja y Barro,

Fuente: Manual de promotor técnico para construcción de la vivienda alto andina segura y saludable, Concytec

MASTER

A rquitectura avanzada
P aisaje
U rbanismo
D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

7.3 Tablero prefabricado con aislamiento térmico de totora

“El sistema está compuesto por un conjunto de paneles realizados a base de bastidores de madera, planchas de totora con espesor de 6 cm, malla electrosoldada, varillas de acero corrugado que se insertan y aseguran los bastidores. Recubierta con una capa de tierra estabilizada y enlucido con mortero de cemento, finalmente se da un acabado con yeso en ambas caras.

El panel muro típico es (0.90x2.10x0.09m) que es colocado en paredes, en la cubierta también se colocó como aislamiento térmico la biomasa.

Para determinar la factibilidad del panel se realizaron ensayos a compresión horizontal y diagonal sometida a 300 ton con la ayuda de una máquina de compresión, observando que en ambos casos la pieza se fisura. La conductividad térmica del panel con totora resulta 0.045 W/m.K.

La norma ASTM E519 – 81 Método de Ensayo Standard para Tensión Diagonal abarca el ensayo para montajes de muros de albañilería, debido a que no se cuenta con una norma establecida para las muestras de los paneles de ensayo”²⁵

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PANELES DE 0.90 m x 0.90 m					
TIPO DE PANEL	CARGA DE FALLA (kg)	SECCIÓN		ÁREA DE LA APLICACIÓN DE CARGA (cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
		L (cm)	A (cm)		
Panel M-1	2,600.00	90.00	9.00	810.00	3.21
Panel M-2	32,000.00	90.00	11.00	990.00	32.32
Panel M-3	30,000.00	90.00	11.00	990.00	30.30

Tabla 13

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE PANELES DE 0.90 m x 0.90 m						
TIPO DE PANEL	CARGA DE FALLA (kg)	DIMENSIONES			Ab (cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN v' m (kg/cm ²)
		l (cm)	h (cm)	t (cm)		
Panel M-4	7,900.00	90.00	127.28	9.00	977.76	5.71
Panel M-5	8,200.00	90.00	127.28	11.00	1,195.04	4.85
Panel M-6	8,100.00	90.00	127.28	11.00	1,195.04	4.79

Tabla 14

Tabla 13 Resultados de resistencia a la compresión de los paneles de ensayo, Fuente Ayarquispe Edison 2019

Tabla 14 Resultados de resistencia a la compresión diagonal de los paneles de ensayo, Fuente Ayarquispe Edison 2019



Figura 61. Colocación y Revestimiento primario de mortero de cemento y tierra tamizada Fuente: Ayarquispe Lopez Edison Cruz 2019

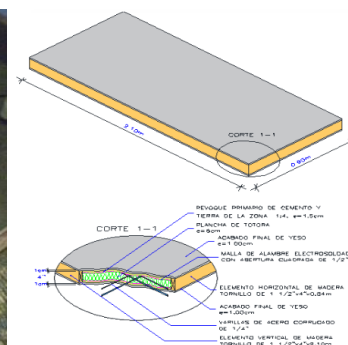


Figura 62. Detalle de panel Fuente: Ayarquispe Lopez Edison Cruz 2019

²⁵ Propuesta de un Sistema Constructivo con Aislamiento Térmico utilizando Totora, Madera y Revoque de mortero en Zonas Altoandinas, Fuente. Ayarquispe Lopez Edison Cruz 2019

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

7.4 Tablero con fibra de Totora

En Ecuador el Arq. Oscar Jara comercializa tableros Totoraecopak compuesto por fibra de totora, esto promueve la economía de las comunidades que se dedican a trabajar el amterial, gracias a las investigaciones hechas se da un mejor tratamiento a las fibras permitiendo que sean utilizadas en la diseño, la construcción y la estructura

“Los tableros compuestos contienen:

- Tallos de totora
- Tejido de totora kichwa
- Hilacha de totora
- Amarre de totora kichwa chinga
- Pasta de totora, para la fabricación de papel y cartón totora
- Pegamento elaborado de almidón y fibra de totora
- Mezcla adherente de polivinilo acetato
- Mezcla adherente con remanentes reciclados de plástico y tetrapak , más tejido de totora
- Mezcla de polialuminio con tejido e hilacha de totora
- Mezcla de polialuminio, pegamento de almidón totora, tejido, hilacha y papel de totora.

Tablero Exteriores

Tablero de polialuminio y totora elaborada con una mezcla de 40% de totora, 10% aluminio y 50% Polietileno, utilizado en un sin número de aplicaciones como: paredes, pisos, cielos falsos, muebles de cocina, closets, masetas, fachadas, entre otras aplicaciones que demuestran la flexibilidad y versatilidad del material compuesto.

Tableros interiores

Tablero de cartón, totora con polialuminio elaborado con el 75% cartón totora, 5% aluminio y 20% polietileno, utilizado especialmente para muebles, pisos, paredes interiores, entre otras aplicaciones flexo versátiles.

Tableros para Cubierta

Existen en cubiertas planchas a base de cartones de envasado aséptico y esteras que se amoldan a la forma. Su composición permite tener un tablero muy formidable termoacústico e impermeable, además cuentan con una vida útil entre 15 a 20 años. A diferencia de otros tableros para cubierta, este se destaca por su estructura liviana, es de fácil instalación, corte, resistencia al impacto, corrosión y combustión, posee un esfuerzo a la ruptura de 9.81 MPa, con una elongación a la ruptura de 11.5%.”²⁶

²⁶ Tablero TOTORAECOPAK, Fuente Catalogo Arq. MDAA. OSCAR DARIO JARA VINIEZA.

MASTER

A rquitectura avanzada
P aisaje
U rbanismo
D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

FICHAS TECNICAS

CARACTERISTICAS F/ M EXTERIOR		
DENSIDAD	1*	gr/cm3
MECANICAS		
Esfuerzo de ruptura	9,81	MPa
Elongación a la ruptura	11,5	%
Esfuerzo de flexión	22	MPa
Esfuerzo de compresión	104,35	MPa
Esfuerzo cortante	90,25	MPa
Módulo de elasticidad	869,56	MPa
Arranque tornillo cara	726	N
Arranque tornillo canto	852	N
TERMICAS		
Temperatura de fusión	110	°C
Conductividad térmica (pak)	0,22	W/m°K
Conductividad térmica (fibra)	0,058	
ESPECIFICAS		
Composición de Aluminio	1-5	%
Absorción de agua en 24horas	0,4	%
Hinchamiento	1,7	%
Aislamiento acústico (a 500hz) 10mm/esp.	30-35	db
Ecuaplastic sc / Técnico.		

CARACTERISTICAS F/ M INTERIOR		
DENSIDAD	0,98*	gr/cm3
MECANICAS		
Esfuerzo de ruptura	7,86	MPa
Elongación a la ruptura	6,5	%
Esfuerzo de flexión	17	Mpa
Esfuerzo de compresión	75,81	MPa
Esfuerzo cortante	55,14	MPa
Módulo de elasticidad	1333	MPa
Arranque tornillo cara	612	N
Arranque tornillo canto	720	N
TERMICAS		
Temperatura de fusión	160	°C
Conductividad térmica (pak)	0,22	W/m°K
Conductividad térmica (fibra)	0,058	
ESPECIFICAS		
Composición de Aluminio	2-5	%
Absorción de agua en 24horas	6	%
Hinchamiento	3	%
Aislamiento acústico (a 500hz) 10mm/esp.	25-30	db
Ecuaplastic sc / Técnico		

*densidad variable según espesor y composición de remanentes y fibras naturales

Tabla 15 Ficha Técnica de propiedades del tablero Totoraeopak
Fuente Catalogo Arq. MDA. OSCAR DARIO JARA VINIEZA



Figura 63. Tableros de totoraepak
Fuente Catalogo Arq. MDA. OSCAR DARIO JARA VINIEZA

8. CONSTRUCCIONES CONTEMPORÁNEAS CON TOTORA

Todas las investigaciones en paneles, tableros, muros que se están desarrollando a nivel mundial han empezado a dar un buen resultado en emplear ya el material en algunos proyectos de construcción siendo un referente para seguir aprovechando el material en todas sus formas de acabados y construcción. Algunos de los ejemplos donde se empleó el material son los siguientes:

8.1 Cubo de Totorá



Figura 64. Cubo de Totorá, Fuente: Federico Lerner y ARCHQUID 2017

- **Proyecto:** Cubo de totora
- **Ubicación:** Otavalo – Imbabura – Ecuador
- **Año de construcción:** 2016
- **Arquitectos:** Archquid think-act tank
- **Materialidad:** Sistema de construcción mixto estructura de madera y recubrimiento con esteras de totora.

Es un proyecto que gira en torno a la investigación del material vinculando con la mano de obra indígena de la comunidad en la parroquia de San Rafael de la Laguna. Según la descripción de los arquitectos “El 'Cubo de Totorá' es claramente un objeto definible: la vista que se obtiene desde el camino adyacente y su morfología y su materialidad hacen evidente sus cualidades como objeto, las que van más allá de los límites de la idea del 'programa arquitectónico'.”²⁷

²⁷ Federico Lerner, Archquid, 2017

MASTER

Arquitectura avanzada
Paisaje
Urbanismo
Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Su propuesta se basa en un módulo experimental cubico de 3m de lado con un desarrollo de 9 paneles en cada una de sus caras, cada panel tiene diferente tipo de tejido y color, la estructura es de madera conformada por 2 vigas con una platina de sujeción y con encastres diseñados para vincular los elementos. El plano inferior simplemente se apoya sobre una platea de hormigón donde el cubo queda anclado por su propio peso. Una estructura secundaria permite la colocación de los paneles de totora. Su principal uso es ser un foco de identidad, reunión y participación donde se abre en diversas formas permitiendo cierto crecimiento modular para el evento que se necesite.²⁸

Este proyecto fue uno de los ganadores en la *XX Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito 2016* (BAQ 2016) en la Categoría C - Hábitat Social y Desarrollo.

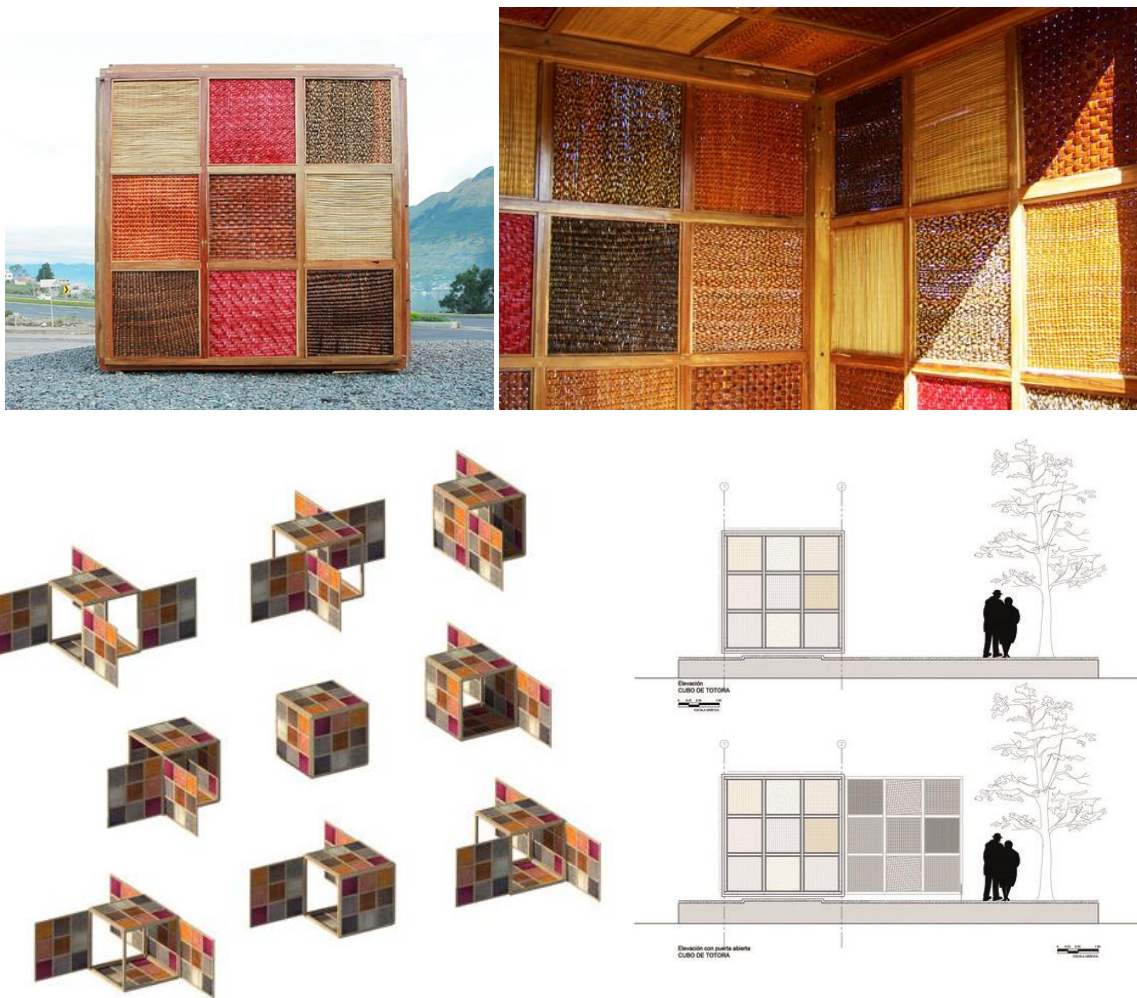


Figura 65. Galería del Cubo de Totorá con detalles de Federico Lerner y ARCHQUID, Fuente: <https://www.archdaily.co/co/801921/cubo-de-totora-en-ecuador-fortaleciendo-la-identidad-local-a-traves-de-un-diseno-flexible-y-multiprogramatico>

²⁸ <https://www.archdaily.co/co/801921/cubo-de-totora-en-ecuador-fortaleciendo-la-identidad-local-a-traves-de-un-diseno-flexible-y-multiprogramatico>, Federico Lerner, Archquid, 2017

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

8.2 Typhahouse



Figura 66. Typhahouse. Fuente: <https://architazer.com/projects/typhahouse-pavillion/>

- **Proyecto:** Typhahouse
- **Ubicación:** Milán – Italia
- **Año de construcción:** 2015
- **Arquitectos:** Werner Theuerkorn y el Instituto Fraunhofer de Física de la Construcción (IBP), Bruno Franchi, y la empresa Fluck Holzbau y Typha Technik.
- **Materialidad:** Paneles de totora.

Es un proyecto que se da como parte de la Expo de Milán 2015 donde se busca dar algunas respuestas a desafíos del futuro, y la regeneración de las tierras, el cultivo, purificar las aguas y garantizar los suministros alimenticios.

Esta construcción transitable con aislamiento térmico presenta elementos de pared, techo y suelo en gran medida autoportantes y demuestra cómo se puede utilizar la totora como material natural y autosustentable.

La capa interior permeable al vapor presenta un mortero de arcilla decorativo y la capa exterior está tratada con mortero de cal para proteger la estructura de la intemperie. Se pueden ver plantas de totora creciendo en un estanque frente a la casa.

MASTER

Arquitectura avanzada
Paisaje
Urbanismo
Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

8.3 Urku Wasi



Figura 67. Urku Wasi hostel Fuente: <https://www.facebook.com/urkuwasi>

- **Proyecto:** Urku Wasi Hostel
- **Ubicación:** Otavalo - Ecuador
- **Año de construcción:** 2016
- **Arquitecto:** Edward Barragán
- **Materialidad:** Totora y super adobe

Es un proyecto de 6 domos de color blanco que se encuentra en los pies del cerro Mojanda que asemeja la forma de montaña, su sistema constructivo es con una cimentación de 80cm con piedra y luego se forma una matriz metálica que forma la edificación. Existen dos tipos de domos
Totora: Interior y exteriormente se tejido in sitio la totora recubriendo esta estructura en totora, siendo el único proyecto en el mundo ecológico, sustentable, antisísmico utilizando materiales ancestrales del lugar.

Super Adobe: El tipo de construcción en super adobe proviene de una propuesta del arquitecto iraní-estadounidense Nader Khalili. Él fue quien propuso el uso del superadobe, utilizando los materiales con los que los militares hacían sus refugios durante las guerras. Este sistema constructivo se desarrolló en 1960, en EE.UU. Se requiere de sacos tubulares rellenos de tierra o arena, que debe estar estabilizada y comprimida. Con ellos se apilan las hileras, enlazándolas con alambre de púas. La forma redonda de los domos distribuye por las paredes la energía, en caso en que la tierra tiemble ²⁹



Figura 68. Urku Wasi hostel Fuente: <https://www.facebook.com/urkuwasi>, Espinoza F., 2016

²⁹ <https://otavalo.org/urku-huasi/>

MASTER

Arquitectura avanzada
Paisaje
Urbanismo
Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

8.4 Pared de totora para 90 años



Figura 69. Pared de totora. Fuente: https://issuu.com/construccionyvivienda/docs/proyecta_edicion_34_-_final/101

- **Proyecto:** Pared de totora para 90 años
- **Ubicación:** Guérande, Francia
- **Año de construcción:** 2014
- **Arquitecto:** Estudio ASA Gimbert
- **Materialidad:** Totora

La extensión La Fabrik es un proyecto de vivienda de dos niveles y una azotea que se ubica en la comuna de Guérande. Todo el proyecto posee una estructura de columnas y vigas de madera pino Douglas, material con clasificación IV que no se pudre al contacto con el agua y no requiere tratamiento, se levanta sobre un patio revestido de granito. La terraza es cubierta por listones de madera obtenidas de árboles de castaña, sujetos por cables de acero inoxidable.³⁰

Destaca la pared del segundo nivel que está revestida con totora aprovechando la materia prima de la región, su colocación en obra se hizo a través de atados colocados sobre un entramado metálico logrando un espesor de 25cm y un conjunto homogéneo que brinda las propiedades de aislamiento térmico.



Figura 70. Detalles constructivos. Fuente: https://issuu.com/construccionyvivienda/docs/proyecta_edicion_34_-_final/101

³⁰ https://issuu.com/construccionyvivienda/docs/proyecta_edicion_34_-_final/101

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

8.5 Casa de las tejas voladoras



Figura 71. Casa de las tejas voladoras. <https://www.archdaily.cl/cl/922551/casa-de-las-tejas-voladoras-daniel-moreno-flores>

- **Proyecto:** Casa de las tejas Voladoras
- **Ubicación:** Pifo, Quito - Ecuador
- **Año de construcción:** 2018
- **Arquitecto:** Daniel Moreno Flores
- **Materialidad:** Totorá

Es un proyecto donde el diseñador busca la esencia del lugar, la relación de su entorno, vistas y orientación, buscando un volumen abstracto reconocible. La propiedad es de 200m² la materialidad que se utilizó en la obra son materiales que nos brinda el territorio y los desechos materiales que nos ofrece la urbe (recogimos maderas de eucalipto y tejas de 3 diferentes casas de Quito).

La casa es de madera de Abeto, estructura de Eucalipto (no consumimos maderas de bosques primarios) y duelas de Eucalipto de una casa vieja de la ciudad. Se utiliza la Totorá como aislante térmico en los cielos raso, piso y paredes, además de aprovechar la textura para su vista y calidez.³¹



Figura 72. Detalles de la Casa de las tejas voladoras. <https://www.archdaily.cl/cl/922551/casa-de-las-tejas-voladoras-daniel-moreno-flores>

³¹ <https://arquitecturapanamericana.com/casa-de-las-tejas-voladoras/>

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

8.6 Oficinas de desarrollo de Loire- Atlántico



Figura 73. Françoise-Hélène Jourda.

Fuente: <https://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/immeuble-de-bureaux-francoise-helene-jourda-2/#>

- **Proyecto:** Loire-Atlantique Développement
- **Ubicación:** Isla de Nantes, Loira Atlántico
- **Año de construcción:** 2017
- **Arquitecto:** Forma6
- **Materialidad:** Paja

Es un proyecto que destaca por la singularidad de su envolvente un revestimiento de paja, material ancestral de la zona para reinterpretar los diseños y construcciones contemporáneas utilizando las propiedades físicas del material para hacer un edificio sustentable.

Se utilizan paneles de paja de 10 cm de espesor que fue prefabricado por un artesano local. El uso de una prensa desarrollada específicamente para el proyecto confiere una alta densidad (de 180 a 200 kg/m³) a las balas, que se ensamblan mediante alambres de acero galvanizado y amarres de acero inoxidable, sobre un armazón de vigas de pino, fijado a los paramentos de hormigón mediante escuadras.³²

El sistema de ganchos y tornillos de acero inoxidable utilizado para fijarlos a la estructura fue sometido a pruebas de viento por parte de la CEBTP.

³² <https://www.lemoniteur.fr/article/des-bureaux-qui-ne-chaument-pas.672699>

MASTER

Arquitectura avanzada

Paisaje

Urbanismo

Diseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Como un rompecabezas, los paneles se insertaron entre los marcos exteriores de aluminio natural de la carpintería y las solapas de acero galvanizado que delimitan los diferentes niveles. Asociada a un aislamiento formado por dos capas cruzadas de lana de vidrio, esta “piel” vegetal permite una regulación térmica eficaz del edificio.³³

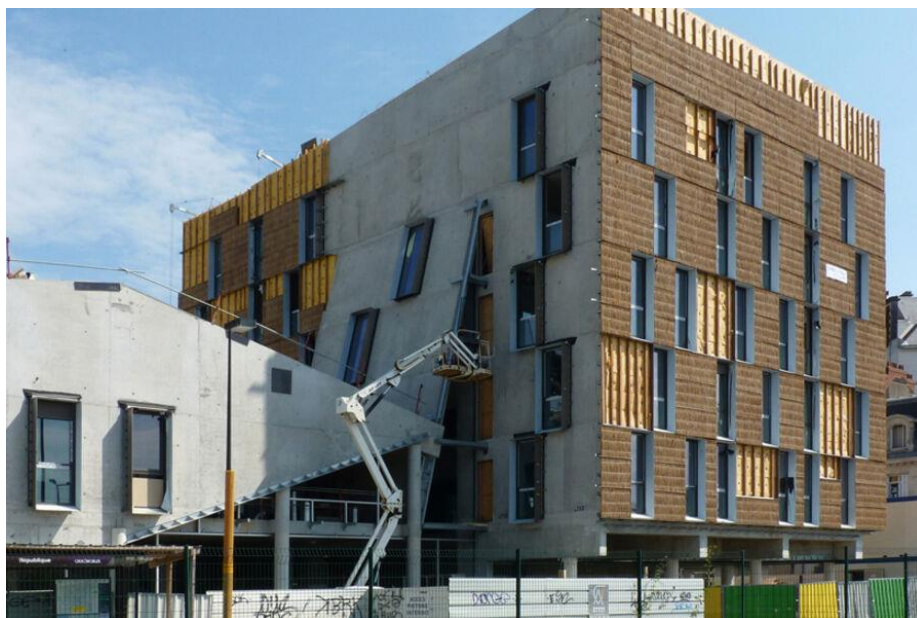
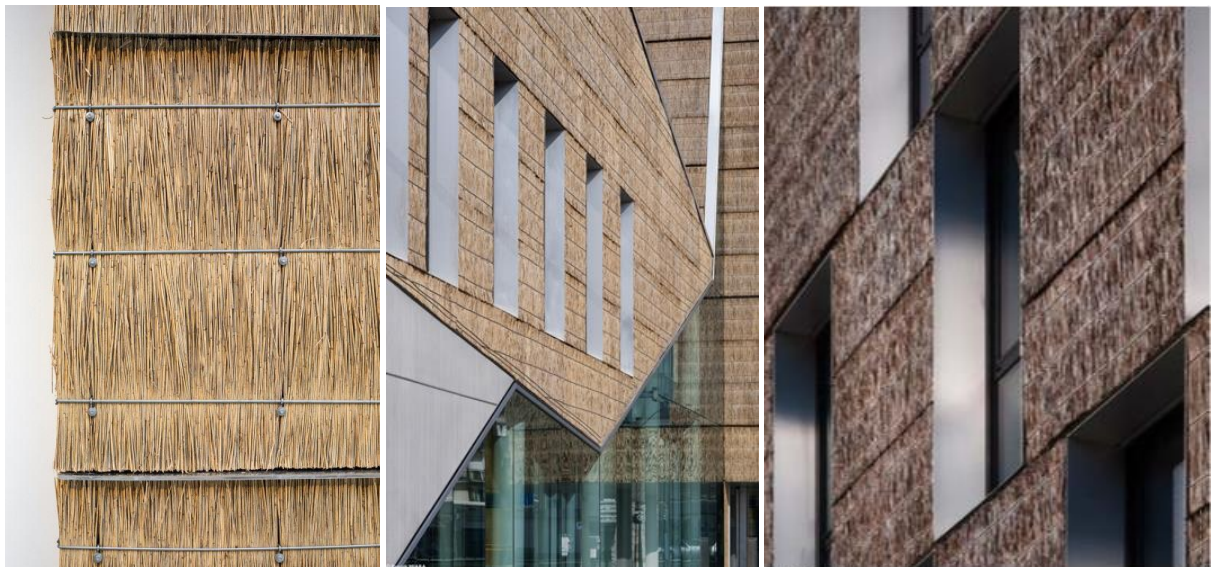


Figura 74. Immeuble de bureaux

Fuente: <https://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/immeuble-de-bureaux-francoise-helene-jourda-2/#/>

³³ <https://www.lemoniteur.fr/article/des-bureaux-qui-ne-chaument-pas.672699>

9. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

La Agenda 2030 es un plan de acción global adoptado por 193 países miembros de las Naciones Unidas en septiembre de 2015. Oficialmente conocida como "Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible", establece un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas específicas.

En el estudio del Análisis de la Totora en la arquitectura, cumple con los siguientes Objetivos:

- **Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.**
El trabajo que se realiza con las fibras naturales necesita de procesos para su comercialización, por lo que en las comunidades todos los miembros cumplen un papel importante sin existir discriminación, permitiendo igualdad de género y el respeto mutuo de las comunidades.
- **Objetivo 6 y Objetivo 12: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos / Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles**
En el estudio del uso de la totora justamente por las propiedades físicas del material sirve de purificación y protección del suelo, ya que las raíces protegen el suelo de las orillas de los lagos del desgaste y purifican las aguas contaminadas al absorber las impurezas y botar el agua limpia, minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, tratando las aguas residuales y volviéndolas a reutilizar, logrando que las municipalidades ayuden a fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.
- **Objetivo 8. Trabajo Decente y crecimiento económico.**
La totora al ser un material de fibra natural con grandes beneficios no solo en la construcción, sino en el arte, la medicina, la ganadería entre otros, ha permitido que las comunidades que viven en la zona aprovechen este producto de diferentes maneras, además de su subsistencia, logrando crear una economía circular, sostenible y ambiental.
- **Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.**
El estudio de la Isla de los Urus que está construida solo con totora permite tener vivienda, comida, acceso a servicios básicos y transporte a estas comunidades, este ejemplo nos ha permitido desarrollar con tecnología e investigación una réplica de como el material ha sido utilizado en diferentes maneras en obras justamente para intervenir de una manera ecológica y sostenible salvaguardando la cultura de estas comunidades y protegiendo su patrimonio.
- **Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.**
A pesar de las investigaciones que ha tenido el uso de la Totora y el impacto ambiental, no se ha logrado obtener una norma del material propio, pero si ha servido para que las propias comunidades, profesionales e investigadores los utilicen como referencia para educar, sensibilizar a la población de sus beneficios y como estas plantas y la mayoría de fibra natural nos ayudan a mitigar la contaminación ambiental.

10. CONCLUSIONES

Se ha emprendido esta investigación partiendo de la hipótesis de la Biomimesis espacial y el análisis de las fibras naturales (Totora) en las arquitectura, esta investigación ha permitido concluir que la naturaleza es quien resuelve todos los problemas ambientales, de acondicionamiento, de desperdicio, funcionales adaptándose continuamente a los cambios climáticos, siendo un manual abierto para aprender de la naturaleza y a su vez enseñándonos como ser más responsables con el medio en el que vivimos.

El sistema de construcción convencional adoptado durante varios años es difícil de cambiar, se necesita concientizar y capacitar a la población del derroche de recursos que esto genera, rompiendo con todos los esquemas, paradigma, rutinas y malos hábitos adquiridos por décadas. Hay que adoptar medidas inmediatas de un estilo de vida amigable con el medio ambiente, ya que solo así se conseguirá un mayor ahorro y eficiencia de los recursos, reduciendo las emisiones contaminantes como el CO₂

Las investigaciones que han aportado a la fibra de la totora y el uso que ha venido dándose a nivel mundial, es el inicio de como los materiales ancestrales van cambiando los paradigmas de una construcción convencional formándolas más sustentables y ecológicas.

Todas las investigaciones físicas, químicas, mecánicas, que se han venido dando con las fibras de totora en diferentes laboratorios denotan que es necesario crear una norma técnica propia del material para su uso, sembrío, explotación y cuidado del ecosistema donde crecen este tipo de plantas, generando un cuidado en la contaminación que afecta su sembrío para su perseverancia

En Ecuador es importante el apoyo del gobierno y las entidades municipales de promover la comercialización con los cuidados respectivos, ya que esto permitiría desarrollar más proyectos sociales, emergentes, diseño, rehabilitación, conservación y lo más importante vincular materiales renovables donde los protagonistas y conservadores de este material son las comunidades quienes representan la identidad cultural de su pueblo.

Es importante mencionar que la totora al ser un material ancestral de arquitectura vernácula no ha generado una innovación en su uso, sin embargo al tener que bajar los índices de contaminación ambiental que propuesto la ONU del desarrollo sostenible, han ayudado a cambiar la perspectiva de innovación arquitectónica demostrando que las construcciones no siguen una línea recta de consumo y que la iniciativa de involucrar materiales ecológicos sostenibles de la zona propone realizar más investigaciones de diferentes tipos de materiales que se encuentren en el entorno y que pueden ayudar a reducir costos, impacto ambiental y dando oportunidad a la mano de obra de las comunidades o habitantes de la zona.

Uno de los mayores problemas que no se tiene es el soporte necesario de los gobiernos de cada país, en las investigaciones comunales en las zonas que ofrecen este tipo de material sostenible, lo que impide que se generen normas y parámetros de construcciones ecológicas, por esto es la importancia de los diseñadores, ingenieros, investigadores y arquitectos, incluir en sus obras prototipos de construcciones sostenibles dando a conocer la materialidad, sus beneficios e incentivar a los usuarios que vayan promoviendo la comercialización de este y otros tipo de materiales de fibra natural que permitan fomentar las nuevas prácticas de construcción.

Bibliografía:

1. 30 St Mary S. Gurría Hamdan, «El camino hacia una arquitectura sustentable, » 25 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.revistamira.com.mx/2017/05/25/el-camino-hacia-una-arquitectura-sustentable-sophia-gurria-hamdan/>.
2. AAVV. Biomimetismo. En: Alma Terra Magna. [En línea].2018. [Consulta: 10 Jun. 2019]. Disponible en: <http://almaterramagna.org/biomimetismo>
3. Aprovechamiento de la totora como material de construcción, autor: Juan Fernando Hidalgo c. enero 2007
4. Arturo Escobar (2016), Autonomía y diseño. La realización de lo comunal, Popayán, Universidad del Cauca, 280 páginas. Olver Quijano Valencia
5. BAUTISTA NAVIO, Nuria. Biomímesis. En: Parameterizing.wordpress [En línea]. 2016. [Consulta: 10 Jun. 2019]. Disponible en: <https://parameterizing>.
6. BiJ. M. Benyus, BIOMÍMESIS: Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza, México: Tusquets Editores, 2012, pp. 13-22.
7. Biomimetismo: innovación inspirada en la naturaleza, Dr. José Luis Olivares Romero
8. El Número Áureo en la Naturaleza y en las Artes Javier Luque Ordóñez
9. Federico Lerner, Archquid, 2017
10. Fitorremediación del agua para el cultivo de plantas en el vivero forestal del gad municipal del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2015”. Autor. Pastuña Curco Klever Darío. Pag 66
11. GARDEY, Ana y PÉREZ P., Julián. Definición de abstracción. [En línea]. 2012. [Consulta: 11 Jun. 2019]. Disponible en: <https://definicion.de/abstraccion/>
12. <https://arquitecturapanamericana.com/casa-de-las-tejas-voladoras/>
13. https://issuu.com/construccionyvivienda/docs/proyecta_edicion_34_-_final/101
14. <https://materialesinteligentes.win/materiales-inteligentes-ejemplos/>
15. <https://otavalo.org/urku-huasi/>
16. <https://www.archdaily.cl/cl/02-345104/suelos-blandos-tradicion-constructiva-de-las-islas-flotantes-de-los-uros>.

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

17. <https://www.archdaily.co/co/801921/cubo-de-totora-en-ecuador-fortaleciendo-la-identidad-local-a-traves-de-un-diseno-flexible-y-multiprogramatico>, Federico Lerner, Archquid, 2017
18. <https://www.lemoniteur.fr/article/des-bureaux-qui-ne-chaument-pas.672699>
19. Inventario de humedales del Ecuador, John D. And Catherine T. Macarthur foundation p. 1
20. J. Juma y L. Ormaza, Situación actual de la actividad artesanal de la totora, su producción y difusión en el sector san miguel de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2009.
21. LA TOTORA, La planta sagrada de los Urus, fuente: www.fundacion.proeibandes.org
22. Peter Pearce “Structure in nature: is as strategy of design”, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1978
23. Propuesta de un Sistema Constructivo con Aislamiento Térmico utilizando Totora, Madera y Revoque de mortero en Zonas Altoandinas, Fuente. Ayarquispe López Edison Cruz 2019
24. Situación actual de la actividad artesanal de la totora, su producción y difusión en el sector san miguel de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Autor. J. Juma y L. Ormaza, Ibarra 2009.
25. Tablero TOTORAECOPAK, Fuente Catalogo Arq. MDAA. OSCAR DARIO JARA VINIEZA.
26. Temas iconográficos de la cuenca del Titicaca, arqueología boliviana año 4 - número 4 – 2018, Fuente: isla pariti: conviviendo con la totora, la fibra vegetal de múltiples beneficios L. Isaac Callizaya Limachi 2018, Pag 251.
27. Webster's Dictionary. Biomimética .En: Merriam-Webster Since 1828 [En línea] [Consulta: 26 Feb. 2019]. Disponible en: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/biomimetic?src=search-dict-hed>
28. www.sica.gov.ec, extracto del artículo: USOS Y APROVECHAMIENTO ACTUAL DE LA TOTORA (Schoenoplectus californicus) EN IMBABURA, Ing. Andrés Simbaña Villarreal, Universidad Católica del Ecuador. Sede Ibarra, mayo 2001.

MASTER

A rquitectura avanzada

P aisaje

U rbanismo

D iseño



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Normativas

- Primera contribución determinada a nivel nacional para el acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
- QUITO VISION 2040
- NEC GUADUA
- MIDUVI 2016
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC
- Manual de promotor técnico para construcción de la vivienda alto andina segura y saludable, Concytec
- NEC, Norma Ecuatoriana de la Construcción, Eficiencia Energética Edificaciones Residenciales (EE), balance térmico y mecanismos de transferencia energética en el confort humano (ASHRAE)